

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

FAKULTET ORGANIZACIJE I INFORMATIKE VARAŽDIN

SLAVEN BRUMEC

RAZVOJ MOBILNIH INFORMACIJSKIH SUSTAVA

MAGISTARSKI RAD

Varaždin 2008

Predgovor

Mobilne tehnologije su, barem u području ručnih računala ili dlanovnika te mobilnih telekomunikacija, započele pohod svijetom početkom 90-ih godina 20. stoljeća. Iz ranijih razdoblja još su uvijek živa sjećanja na Psionove Organiser dlanovnike, pri čemu je prva verzija bila tek nešto unaprijeđeni kalkulator, dok je drugo izdanje imalo i prve složenije aplikacije te bilo programirljivo. Analogne telekomunikacijske mreže donijele su pak tijekom 80-ih godina prvu mobilnu komunikaciju, običnom čovjeku, doduše, novčano uglavnom nedostupnu, za razliku od Psionovih Organisera. Od početka 90-ih godina, riječ "mobilno" je postala često rabljena i korištena u reklamne svrhe pri čemu su tek rijetki pokušali proniknuti kako u njeno značenje, tako i u cjelovitu ideju što, zapravo, tehnologije reklamirane kao mobilne mogu donijeti čovječanstvu. Jasno, mnoštvo ljudi je objeručke prihvatilo prvu širokonamjensku i iznimno korisnu uporabu mobilnih tehnologija – mobilnu telefoniju, ali nekolicina se svejedno pitala: "Da li je to sve?"

Naime, u području informatike, računarstva i telekomunikacija postojali su programi i usluge koji su do tada egzotične uređaje doveli u središte pažnje, na široko tržište i u masovnu uporabu, koji su te često skupe strojeve poput prvih stolnih mikroračunala ili mobitela učinili predmetima široke uporabe i to ne samo u vladinim agencijama, pa čak niti samo među hobistima, nego među širokom publikom, u pravom smislu tog izraza. U anglosaskom kulturnom području takvi se programi i usluge kolokvijalno zovu *killer application*. Za stolna mikroračunala, *killer application* bješe tablični kalkulator VisiCalc za Apple II, poslije prenesen na mnoga druga računala. Zbog visoke cijene mobilnih razgovora u osvit GSM ere, u većem dijelu svijeta *killer application* za mobilnu telefoniju bješe SMS. Od devedesetih godina 20. stoljeća sve do danas čeka se *killer application* za dlanovnike. No, temeljitijim promišljanjem dolazi se do zaključka da takvog programa ili usluge vjerojatno neće biti, barem ne na takozvanoj horizontalnoj razini, to jest na razini masovnog tržišta. Uzrok tome su inherentno slabije mogućnosti dlanovnika spram "velikih" računala. Taj jaz će uvijek ostati jer kako budu rasle mogućnosti dlanovnika, tako će rasti i mogućnosti njihove "velike braće". Iz toga slijedi da će se programi i usluge široke potrošnje uvijek bolje i ugodnije koristiti na "velikim" računalima, a na dlanovnicima samo onda kada je stolna računala nemoguće koristiti.

U ovoj zadnjoj rečenici leži ključ uspješnog korištenja mobilnih tehnologija općenito! Njihova najbolja namjena jest korištenje upravo u onim situacijama kada je nemoguće ili nepraktično koristiti klasičnu informacijsko-komunikacijsku opremu, dakle, pri raznim terenskim korištenjima računala. To znači da, iako se *killer application* za dlanovnike vjerojatno neće pojaviti, već su se pojavila ključna područja korištenja mobilnih tehnologija, na slabije dostupnim mjestima gdje te tehnologije pokazuju svoju superiornost. U tom smislu, uporaba mobilnog računarstva više slijedi vertikalno tržišno širenje to jest širenje po odgovarajućim djelatnostima, poput javne uprava, zdravstva, kulture, bankarstva, policije, šumarstva, geodezije, upravljanja skladištima, i tako dalje. Najkraće rečeno, dlanovnici i mobilne tehnologije općenito omogućuju izvođenje posla **na licu mjesta, uz povezanost sa središnjim informacijskim sustavom**, što često nije moguće korištenjem klasičnih računala. Ta povezanost može, doduše, biti kako realnovremenska, tako i ostvarena tek kroz povremena spajanja mobilnog korisnika na središnji informacijski sustav. No, čak i ovaj drugi

način rada, uz povremenu vezu prema središnjem informacijskom sustavu, može donijeti znatne prednosti ako se umjesto klasičnog računarstva koriste mobilne tehnologije.

No, o korištenju mobilnih tehnologija trenutno se uglavnom odlučuje heurističkim pristupom pri čemu su tehnička svojstva mobilnih uređaja primarni kriterij odlučivanja za uspostavu informatičke podrške mobilnim procesima. Iako takav način može u konačnici donijeti dobre rezultate, njime se stvara nepotreban rizik za uspjeh projekata ili dovode u sumnju stvarne mogućnosti mobilnih tehnologija kod izgradnje složenih informacijskih sustava. Zato sve više jača potreba za sistematičnim i metodološki jasno zasnovanom pristupom koji će rješavati sljedeće probleme:

- Kako prepoznati poslovne procese koje treba podržati mobilnim tehnologijama? Kako odrediti poslovne procese za koje mobilna podrška ne bi povećala učinkovitost?
- Kako mobilne procese povezati s ostalim, stacionarnim procesima u organizaciji radi postizanja optimalnih učinaka?
- Kako odrediti optimalnu tehnologiju za informatičku podršku mobilnim poslovnim procesima?
- Kako projektirati informacijski sustav s mobilnim komponentama?

Odgovori na navedena pitanja su dominantna motivirajuća sila iza ovog rada. Ta motivacija može se izreći na sljedeći način: **projektantima i razvojnim inženjerima želimo dati metodiku za pravilni izbor i korektno modeliranje mobilnih procesa te razvoj mobilnih komponenti informacijskog sustava.** Profesionalne skupine kojima bi takav pristup koristio su, primjerice:

- upravni kadrovi tvrtki koje žele graditi vlastiti mobilni informacijski sustav, radi jednoznačnog izračuna troškova takvog sustava i smanjenja rizika od neuspjeha njegovog uvođenja zbog, primjerice, krive procjene koje bi poslovne procese takav sustav trebao podržavati
- projektanti informacijskih sustava, radi jednoznačnog pronalaženja procesa koje bi mobilni informacijski sustav trebao podržavati te kvalitetnog projektiranja mobilnih procesa
- razvojni inženjeri, zbog pregledne projektne dokumentacije i preciznih funkcionalnih specifikacija na osnovu kojih bi oni odabirali i gradili softverske i hardverske komponente mobilnog informacijskog sustava

Budući da, prema dosadašnjim saznanjima, ne postoji cjelovita metodika za razvoj mobilnih informacijskih sustava, razvoj jedne takve metodike nesumnjivo bi bio od koristi navedenim skupinama profesionalaca kao i svima koji žele razviti svoju specifičnu metodiku za sličnu namjenu ili dopuniti i prilagoditi metodiku opisanu ovim radom.

Druga motivacijska sila iza ovog rada jest autorov osobni interes za mnoge nove tehnologije, pa tako i mobilne. Naime, sjećamo se da je to područje još do nedavno bilo u domeni znanstvene fantastike, utjelovljeno u tricorderima iz Zvezdanih staza te raznim drugim bajkovitim tehnologijama i artefaktima. Sada smo svjedoci oživotvorenja nevjerojatnih funkcionalnosti upakiranih doslovno ispod dlana – i konačno možemo tim tehnologijama početi ostvarivati i ponešto od dječaćkih snova te barem ponešto poboljšati, pojednostavniti i poljepšati život i rad drugima i sebi.

Sadržaj

1	Uvod.....	8
1.1	Organizacijski sustav i poslovni procesi.....	9
1.2	Definicija mobilnih tehnologija	9
1.3	Radna definicija mobilnih informacijskih sustava	9
1.4	Identifikacija problema mobilnosti i doseg rada	10
2	Tehnička svojstva mobilnih tehnologija.....	11
2.1	Mobilne komunikacijske mreže.....	11
2.2	Bežične mreže	14
2.3	Mobilni uređaji	16
2.3.1	Pametni telefoni i mobiteli.....	17
2.3.2	Dlanovnici	17
2.3.3	Prijenosna računala.....	18
2.3.4	Uklopljena računala.....	18
2.4	Mobilni operacijski sustavi	18
2.4.1	Palm OS.....	18
2.4.2	Windows CE.....	19
2.4.3	Symbian OS.....	19
2.4.4	BlackBerry.....	19
2.4.5	OS-ovi temeljeni na Linuxu.....	20
2.5	Mobilni Internet.....	20
2.6	Razvoj mobilnog softvera	21
2.7	Mobilno pozicioniranje	22
3	Poslovni procesi i metodika njihovog modeliranja.....	23
3.1	Organizacijski i informacijski sustav i poslovni proces	23
3.2	Postupci i norme za modeliranje poslovnih procesa	26
3.3	Alati za modeliranje poslovnih procesa po BPM-u	31
3.4	Jezici i sustavi za opis i izvršavanje poslovnih procesa	31
3.5	Problem modeliranja stacionarnih i mobilnih procesa	32
4	Osvrt na metode razvoja informacijskih sustava.....	33
5	Mobilni informacijski sustavi	37
5.1	Definicije pojmova vezanih uz mobilnost	37
5.2	Specifičnosti mobilnih informacijskih sustava	39

5.3	Dosadašnji razvoj metodika projektiranja MobIS-a	42
6	Raspoznavanje mobilnih procesa.....	43
6.1	Grafički i opisni prikaz metodike	44
6.2	Tablični prikaz metodike RMP	57
6.3	Provjera i primjena predložene metodike.....	59
7	Informatička potpora mobilnim procesima	61
7.1	Informatička potpora za spojeni rad.....	62
7.2	Informatička potpora za otpojeni rad.....	79
7.3	Osvrt na Hipotezu 1.....	90
8	Analiza učinaka mobilnih informacijskih sustava.....	91
8.1	Simulacija mobilnih poslovnih procesa	92
8.2	Način dokazivanja učinaka MobIS-a.....	93
8.2.1	Modeli postojećih procesa u skladišno-distribucijskom sustavu	96
8.2.2	Rezultati simulacije postojećih procesa u skladišnom sustavu	104
8.3	Budući način rada skladišno-distribucijskog sustava	106
8.4	Usporedba postojećih i unaprijeđenih poslovnih procesa	116
9	Zaključak.....	120
10	Literatura	125

Popis slika

Slika 2-1: Razvoj mobilnih komunikacija	13
Slika 3-1: Prikaz organizacijskog sustava i njegovog informacijskog podsustava.....	24
Slika 3-2: Dopuna BPMN-a za označavanje mobilnih aktivnosti i procesa	32
Slika 4-1: Dekompozicija procesa	34
Slika 4-2: Matrica procesa i klasa podataka	35
Slika 5-1: Trodimenzionalna matrica kategorizacije mobilnih aktivnosti	42
Slika 6-1: Metodika RMP za projektiranje i razvoj MobIS-a.....	45
Slika 6-2: Raspored komponenti MobIS-a	57
Slika 7-1: Shematski prikaz djelovanja skladišno-distribucijskog sustava.....	64
Slika 7-2: Dekompozicijski dijagram procesa skladišno-distribucijskog sustava.....	65
Slika 7-3: BPD za proces Izdati robu kupcu.....	67
Slika 7-4: Unutrašnja struktura petlje Izuzimanje robe.....	67
Slika 7-5: BPD procesa Izdati robu kupcu dopunjen za mobilnost	68
Slika 7-6: Relacijski model podataka za proces Izdati robu	69
Slika 7-7: Oprema za MobIS skladišno-distribucijskog sustava	71
Slika 7-8: Korisničko sučelje za izbor procesa iz procedure Prepoznati zahtjev	77
Slika 7-9: Korisnička sučelja za izabrane procese izlaza robe	77
Slika 7-10: Shema raspodjele komponenata za skladišno-distribucijski sustav	79
Slika 7-11: Model aplikacije Vozila i prekršaji	81
Slika 7-12: Jedinstveni logički model OBPRV	83
Slika 7-13: Mobilna baza podataka za aplikaciju Vozila i prekršaji	84
Slika 7-14: Arhitektura replikacije	87
Slika 7-15: Replikacija (a), identifikacija vozila (b) i evidencija prekršaja (c).....	88
Slika 8-1: Globalni model procesa skladišno-distribucijskog sustava.....	94
Slika 8-2: Struktura modela globalnog procesa Upravljanje skladištem	96
Slika 8-3: Model potprocesa Izuzeti robu s lokacije (S).....	97
Slika 8-4: Model potprocesa Smjestiti robu na lokaciju (S).....	98
Slika 8-5: Petlja Izuzimanje robe (ponavlja potproces Izuzeti robu s lokacije)	98
Slika 8-6: Model procesa Izdati robu kupcu.....	99
Slika 8-7: Model procesa Zaprimiti robu od dobavljača	100
Slika 8-8: Model procesa Optimirati smještaj	101
Slika 8-9: Model procesa Provesti inventuru na prvoj razini.....	102
Slika 8-10: Druga razina modela – petlja Prolaz po lokacijama	102
Slika 8-11: Treća razina modela – petlja Brojanje robe po lokaciji	103
Slika 8-12: Model potprocesa Izuzeti robu s lokacije (N).....	107
Slika 8-13: Model potprocesa Smjestiti robu na lokaciju (N).....	108
Slika 8-14: Model procesa Izdati robu kupcu (N)	109
Slika 8-15: Model procesa Zaprimiti robu od dobavljača (N).....	112
Slika 8-16: Model procesa Optimirati smještaj (N)	113
Slika 8-17: Model procesa Provesti inventuru (N)	114

Popis tablica

Tablica 2-I: Klasifikacija mobilnih uređaja prema načinu umrežavanja.....	11
Tablica 2-II: Usporedba komunikacijskih svojstava mrežnih tehnologija	16
Tablica 2-III: Razvojni alati za mobilni softver.....	21
Tablica 5-I: Matrica kategorizacije mobilnih aktivnosti.....	38
Tablica 5-II: Usporedba funkcionalnosti klasičnog IS-a i MobIS-a	39
Tablica 6-I: Sažetak metodike za razvoj MobIS-a	58
Tablica 7-I: Mobilne tehnologije u podršci mobilnim procesima.....	61
Tablica 7-II: Aktivnosti i uloge u procesu Izdati robu kupcu	66
Tablica 7-III: DP matrica za proces Izdati robu kupcu	68
Tablica 7-IV: MPK za proces Izdati robu	70
Tablica 8-I: Opis potprocesa Izuzeti robu s lokacije (S)	97
Tablica 8-II: Opis potprocesa Smjestiti robu na lokaciju	98
Tablica 8-III: Opis procesa Izdati robu kupcu (S).....	99
Tablica 8-IV: Opis procesa Zaprimiti robu od dobavljača.....	100
Tablica 8-V: Opis procesa Optimirati smještaj	101
Tablica 8-VI: Opis procesa Provesti inventuru	103
Tablica 8-VII: Usporedba mjerenih i simuliranih vrijednosti za trajanje procesa	104
Tablica 8-VIII: Opis potprocesa Izuzeti robu s lokacije	108
Tablica 8-IX: Opis potprocesa Smjestiti robu na lokaciju-N	109
Tablica 8-X: Opis procesa Izdati robu kupcu.....	111
Tablica 8-XI: Opis procesa Zaprimiti robu od dobavljača (N)	112
Tablica 8-XII: Opis procesa Optimirati smještaj	113
Tablica 8-XIII: Opis procesa Provesti inventuru (N).....	115
Tablica 8-XIV: Pregled rezultata simulacije sadašnjih i novih poslovnih procesa.....	116
Tablica 8-XV: Usporedba sadašnjih i novih vrijednosti za trajanje procesa	116
Tablica 8-XVI: Odnos utrošenog rada za stare i nove poslovne procese	117

1 Uvod

Suvremeni informacijski sustavi moraju danas podržavati sve poslovne procese neke organizacije. Mnogi od tih procesa odvijaju se na lokacijama koje nisu stalne niti unaprijed poznate te ih obavljaju mobilni korisnici. Brojni autori izvještavaju o izuzetno širokom i uspješnom korištenju mobilnih tehnologija općenito te u gospodarstvu [65], javnoj upravi, kulturi, medicini, bankarstvu, policiji, građevinarstvu i željeznicama [72].

Više takvih projekata pokrenuto je ili uspješno završeno i u Hrvatskoj, primjerice u gospodarenju šumama i za naplatu parkiranja. Naravno da su ovakvim uspješnim primjenama prethodila opsežna istraživanja koja su vrlo pregledno obrađena u radu grupe autora, referenciranom pod [55]. Procjenjuje se da će utjecaj mobilnih tehnologija u budućnosti rasti dramatično, a performanse se kretati u smjeru opisanom akronimom MAGIC (*Mobile Anytime Globally Integrated Customized*) ili pristupom 0-1-2-3 koji je razvio Ericsson, što znači: *0 written manuals, 1 simple button to the Internet, 2 seconds of delay waiting to access the service and 3 keys to gain access to services and features*. Osim toga, očekuje se da će zahvaljujući mobilnim tehnologijama organizacije moći učestalije odgovarati na zahtjeve svojih korisnika, približavajući se 24/7 idealu koji znači raspoloživost usluga 24 sata na dan, 7 dana u tjednu.

Istovremeno s tehnološkim razvojem mobilnih tehnologija i širenjem područja uspješne upotrebe, rastao je interes znanstvenika, istraživača i metodičara za projektiranje i razvoj hibridnih informacijskih sustava koji, osim stacionarnih, moraju podržavati i mobilne poslovne procese. Vrlo brzo je sazrelo uvjerenje da se učinkoviti mobilni informacijski sustavi ne mogu ostvariti samo dodavanjem mobilnih komponenti stacionarnim informacijskim sustavima, nego da se odlični rezultati u poslovanju profitnih organizacija i javne uprave mogu polučiti onda ako je korištenje mobilnih tehnologija oslonjeno na snažne poslovne baze podataka koje su u osnovi stacionarne. Rezultati najnovijih istraživanja konvergiraju prema zaključku da je za efikasan i efektivan razvoj mobilnih informacijskih sustava potrebno stalno usklađivati potencijale mobilnih tehnologija sa zahtjevima poslovnog okruženja.

Općenito, cjeloviti pristup razvoju svakog IS-a ostvaruje se postupnim razvojem, koji počinje analizom postojećih (*As Is*) i modeliranjem novih (*To Be*) poslovnih procesa, anticipirajući pri tome potencijale suvremenih informacijskih i komunikacijskih tehnologija kojima će novi procesi biti podržani. Metode modeliranja poslovnih procesa strogo su formalizirane, dobro opisane i danas općenito prihvaćene kao skup profesionalnih normi pod zajedničkim imenom Business Process Modeling (BPM). U svom izvornom obliku, model poslovnog procesa izrađen prema BPM standardu ne razlikuje stacionarne od mobilnih procesa. Glavni problemi koji se pojavljuju kod razvoja cjelovitog informacijskog sustava jesu:

- Kako prepoznati mobilne procese za koje ima smisla koristiti mobilne tehnologije?
- Kako mobilne procese povezati s ostalim procesima u organizaciji radi postizanja optimalnih učinaka?

Ovaj rad se bavi prvim od tih problema te predlaže novu metodu za raspoznavanje mobilnih procesa. U tu svrhu potrebno je prvo definirati osnovne pojmove vezane za poslovne procese i organizacije.

1.1 Organizacijski sustav i poslovni procesi

Informacijski sustav (IS) jest skup poslovnih procesa organizacije kojima se informacije značajne za rad organizacije prikupljaju i pohranjuju te raspodjeljuju ključnim organizacijskim odjelima ili ljudima u svrhu odlučivanja, koordinacije ili nadzora.

Poslovni proces je skup aktivnosti izvođenih unutar IS-a radi ostvarenja nekog cilja za čije su izvođenje potrebni vrijeme i resursi. Proces se obavlja u sklopu jednog logičkog organizacijskog odjela čiji djelatnici mogu biti na različitim fizičkim lokacijama.

Aktivnost je elementarna djelatnost unutar procesa. Više aktivnosti čini jedan proces. Ista aktivnost može se, poput procesa, obavljati na različitim fizičkim lokacijama te tada govorimo o instancama pojedine aktivnosti.

1.2 Definicija mobilnih tehnologija

U najširem smislu, mobilne tehnologije obuhvaćaju:

- Elektroničke uređaje informatičke ili komunikacijske namjene koji se mogu koristiti u pokretu, to jest i onda kada uređaji ili njihovi korisnici nisu smješteni na fiksnoj lokaciji. U daljnjem tekstu takvi će se uređaji nazivati mobilnim uređajima.
- Infrastrukturu, ožičenu ili bežičnu, potrebnu za povezivanje i umrežavanje mobilnih uređaja sa drugim, stolnim ili mobilnim, sustavima i uređajima. U daljnjem tekstu takva će se infrastruktura nazivati mobilnim komunikacijama.

Mobilni uređaji dijele se na:

- Mobilne komunikatore, primjerice mobitele i pametne telefone (*smart phone*).
- Mobilna računala, primjerice dlanovnike znane pod engleskim nazivom *personal digital assistant* (PDA) te prijenosna računala ili prijenosnike (*laptop computer* ili *notebook computer*).

Granica između mobilnih računala i mobilnih komunikatora vrlo često je neodređena stoga što mnogi mobilni uređaji posjeduju obje funkcionalnosti. U tom smislu, mobilna računala mogu, ali ne moraju imati mobilne komunikacijske funkcionalnosti.

1.3 Radna definicija mobilnih informacijskih sustava

Mobilni informacijski sustav (MobIS) je dio klasičnog, stacionarnog informacijskog sustava čija je zadaća omogućiti rad IS-a u uvjetima mobilnosti korisnika te promjenjivosti lokacije obavljanja aktivnosti.

Korisnici MobIS-a mogu imati pristup određenim podacima, proizvoditi nove podatke, surađivati s drugim mobilnim ili stacionarnim korisnicima te koristiti usluge stacionarnog IS-a, na sinkrone ili asinkrone načine. Specifičnosti MobIS-a u odnosu na klasični IS su sljedeće:

- Funkcionalnosti MobIS-a koriste se uporabom mobilnih uređaja koji, osim prijenosnih računala, imaju znatno slabiji hardver i mogućnosti prikaza sadržaja nego stolna računala kojima se pristupa stacionarnom IS-u.
- MobIS-u se često pristupa bežičnom mrežom slabije propusnosti nego u klasičnih, ožičenih mreža, ili se na mobilnom uređaju radi otpojeno (*off-line*) pa treba naknadno obaviti sinkronizaciju s podacima na središnjem IS-u.

Zbog navedenih razloga, kvaliteta usluga te mogućnosti rada s podacima u MobIS-u znatno su ograničeniji nego pri radu u stacionarnim IS-ovima te dodatno podložni mogućim negativnim vanjskim čimbenicima, primjerice promjenjivosti kvalitete veze, nužnosti prelaska u stranu mrežu (*roaming*), i drugih.

S druge strane, MobIS omogućuje pristup podacima i uslugama na prostorima gdje nema ožičenih mreža te u uvjetima kada nije moguće koristiti klasično stolno pa čak niti prijenosno računalo.

1.4 Identifikacija problema mobilnosti i doseg rada

Ovim radom, mobilnost se razmatra u kontekstu podrške IS-a mobilnim poslovnim procesima te povezivanja MobIS-a i njegovih korisnika sa središnjim, stacionarnim IS-om. Mobilne poslovne procese odlikuje jedno ili oba slijedeća svojstva:

- Odvijaju se na nepostojanoj i promjenjivoj lokaciji, dislocirano spram stacionarnih informacijskih resursa organizacije.
- Izvođač takvih procesa može i osobno biti mobilan ili u pokretu tijekom obavljanja posla, u smislu da mu je otežano ili onemogućeno korištenje stolnog, pa čak i prijenosnog računala.

Suvremeni IS mora podržavati i mobilne poslovne procese. Mobilni poslovni procesi tehnički mogu biti podržani mobilnim tehnologijama, no podrška mobilnim procesima nije isto što i puko dodavanje mobilnih hardverskih i softverskih komponenata u klasičan, stacionarni IS. Za uspješno korištenje potencijala mobilnih tehnologija potrebno je preustrojiti poslovne procese u organizaciji, a novi IS projektirati cjelovito i uz pažljiv odabir onih poslovnih procesa za koje je opravdano koristiti mobilne tehnologije.

Stoga je cilj ovog rada prijedlog sveobuhvatne metodike identifikacije mobilnih procesa i projektiranja mobilnih IS-a, temeljene na prihvaćenim normama BPM-a i metodama projektiranja informacijskih sustava. U doseg rada ulazi sva tematika potrebna za ostvarenje navedenog cilja. To znači da će u radu biti obavljena analiza onih komunikacijskih, hardverskih i softverskih tehnologija kojima se omogućuje izgradnja MobIS-a. U projektantskom smislu, rad će opisivati one metode i tehnike projektiranja IS-a na čijim temeljima će se, uz odgovarajuće dopune, zasnivati projektiranje MobIS-a. U razvojnom smislu, rad će pokriti odabrana poglavlja softverskog inženjerstva potrebnog za realizaciju MobIS-a, izvedena na konkretnim primjerima kroz Microsoftovu razvojnu platformu. Sažetak dosega rada sadržan je u slijedećim natuknicama:

- Opis sadašnjeg stanja mobilnih tehnologija te njihovih tehničkih i uporabnih svojstava.
- Definicija mobilnih informacijskih sustava, opis njihovih specifičnih značajki koje upućuju na primjenu mobilnih tehnologija te istraživanje razine mobilnosti procesa koje IS mora podržati.
- Pregled dosadašnjeg razvoja metoda i tehnika za uočavanje mobilnih poslovnih procesa i projektiranje mobilnih informacijskih sustava.
- Određivanje načina prepoznavanja onih poslovnih procesa koje treba podržati mobilnim tehnologijama te onih za koje mobilna podrška ne bi povećala učinkovitost,
- Određivanje načina povezivanja mobilnih procesa s ostalim, stacionarnim procesima u organizaciji, uključivo i detaljne tehničke specifikacije rješavanja te problematike.

2 Tehnička svojstva mobilnih tehnologija

Mobilne tehnologije obuhvaćaju široku lepezu uređaja informatičke ili komunikacijske namjene. Mobilni uređaji često posjeduju obje funkcionalnosti. Osim toga, mobilni uređaji međusobno se razlikuju po hardverskim mogućnostima, namjeni i načinu umrežavanja, to jest povezivanja s fiksnim ili mobilnim mrežama. U svrhu analize mogućnosti potpore raznih vrsta uređaja, mobilnih i fiksnih to jest stolnih, mobilnim poslovnim procesima potrebno je te uređaje klasificirati prema:

- načinu povezivanja s okolinom to jest stacionarnim IS-om
- mobilnosti samog uređaja

Tablicom 2-1 prikazana je matrica klasifikacije mobilnih uređaja prema načinima njihovog umrežavanja.

Tablica 2-1: Klasifikacija mobilnih uređaja prema načinu umrežavanja

Uređaji Mreža	Prijenosna računala	Dlanovnici	Mobiteli
Ožičena mreža	LAN Ethernet	Izravno povezivanje ActiveSync	Izravno povezivanje ActiveSync
Bežična mreža	WLAN IEEE 802.11x Bluetooth IrDA	WLAN IEEE 802.11x Bluetooth IrDA	Izravno povezivanje Bluetooth IrDA
Mobilna komunikacijska mreža	GSM infrastruktura GPRS EDGE UMTS	GSM infrastruktura GPRS EDGE UMTS	GSM infrastruktura GPRS EDGE UMTS
Radio mreža	TETRA Satelitska telefonija	TETRA Satelitska telefonija	TETRA Satelitska telefonija

2.1 Mobilne komunikacijske mreže

Osnovna svojstvo mobilnih komunikacijskih mreža je mogućnost bežičnog povezivanja i umrežavanja mobilnih i stacionarnih uređaja. Osnovni infrastrukturni element mobilnih komunikacijskih (MK) mreža jesu primopredajne stanice ili primopredajnici. Mobilni uređaji uključuju se u MK mrežu bežičnim spajanjem na najbližu takvu stanicu korištenjem radio valova.

Arhitektura MK mreža je takva da su primopredajnici relativno slabi i gusto raspoređeni, po mogućnosti tako da jedno područje pokriva više primopredajnika. Takva organizacija ima slijedeće prednosti u odnosu na zamišljenu organizaciju s manjim brojem jakih primopredajnika [54, 62]:

- Veći kapacitet, zbog mogućnosti korištenja istih frekvencija za povezivanje mobilnih uređaja na različite primopredajnike, ako su ti primopredajnici dovoljno udaljeni da ne utječu jedan na drugog.
- Manja snaga potrebna za prijenos signala od mobilnog uređaja do primopredajnika.
- Manje interferencija između mobilnih korisnika zato što im je na raspolaganju veći broj primopredajnika.
- Veća otpornost MK mreže, zbog mogućnosti da više ispravnih primopredajnika preuzme promet od onih koji su ispali iz mreže.

U loše strane takve organizacije MK mreže spada povećanje infrastrukture, to jest broja primopredajnih stanica, te potreba za prespajanjem mobilnih uređaja s jedne bazne stanice na drugu u slučajevima preopterećenja jedne bazne stanice ili opsežnijeg kretanja korisnika.

Mobilne TK mreže često se svrstavaju u generacije prema njihovim tehničkim osobinama. Prva generacija (1G) bila je zasnovana na analognim tehnologijama. Najpoznatiji standard bješe NMT (*Nordic Mobile Telephone*) [75], korišten i u prvim mobilnim mrežama u Hrvatskoj. Mobilne mreže prve generacije danas su zastarjele i posvuda se gase.

Glavna značajka druge generacije (2G) mobilnih komunikacija jest njihova posvemašnja utemeljenost na digitalnim tehnologijama. Najraširenija 2G tehnologija jest nesumnjivo GSM, zamišljen 1982. godine [30] kada je pod okriljem Europske zajednice osnovana udruga *Groupe Spéciale Mobile* (GSM) čiji je cilj bio osmisliti temelje buduće europske i svjetske mobilne komunikacije. Devet godina poslije, prva komercijalna GSM mreža počela je raditi u Finskoj. GSM je najbrže rastuća telekomunikacijska tehnologija u povijesti čovječanstva [31]:

- Milijarditi korisnik GSM-a zabilježen je u prvom kvartalu 2004. godine, dvanaestak godina nakon prvog komercijalnog pokretanja mreže, a dvomilijarditi korisnik spojen je na mrežu u drugom kvartalu 2006. godine.
- U 2006. godini, GSM tehnologija zauzima 82% mobilnog tržišta, a koristi ju 29% stanovništva svijeta.

Djelotvornost klasičnog GSM-a za obične aktivnosti poput telefonskih razgovora te slanja poruka te daljnji razvoj tehnologija temeljenih na GSM infrastrukturi jamče opstanak GSM MK mreža u predvidivoj budućnosti.

Na temeljima GSM-a razvijen je niz naprednijih mobilnih komunikacijskih tehnologija veće brzine prijenosa podataka i boljih općenitih svojstava. Najznačajnije su GPRS, EDGE i UMTS. Sve te tri tehnologije u radu se oslanjaju na postojeću, ali dorađenu, GSM infrastrukturu. Temelje se na paketnim komunikacijskim protokolima, za razliku od konekcijskog u GSM-u. To znači da ne treba više posebno uspostavljati vezu prije prijenosa podataka, nego je mobilni uređaj uvijek spojen (*on-line*). Najznačajnije svojstvo tih novih tehnologija je znatno povećana brzina prijenosa podataka koja u klasičnom GSM-u iznosi samo 9,6 kBit/s.

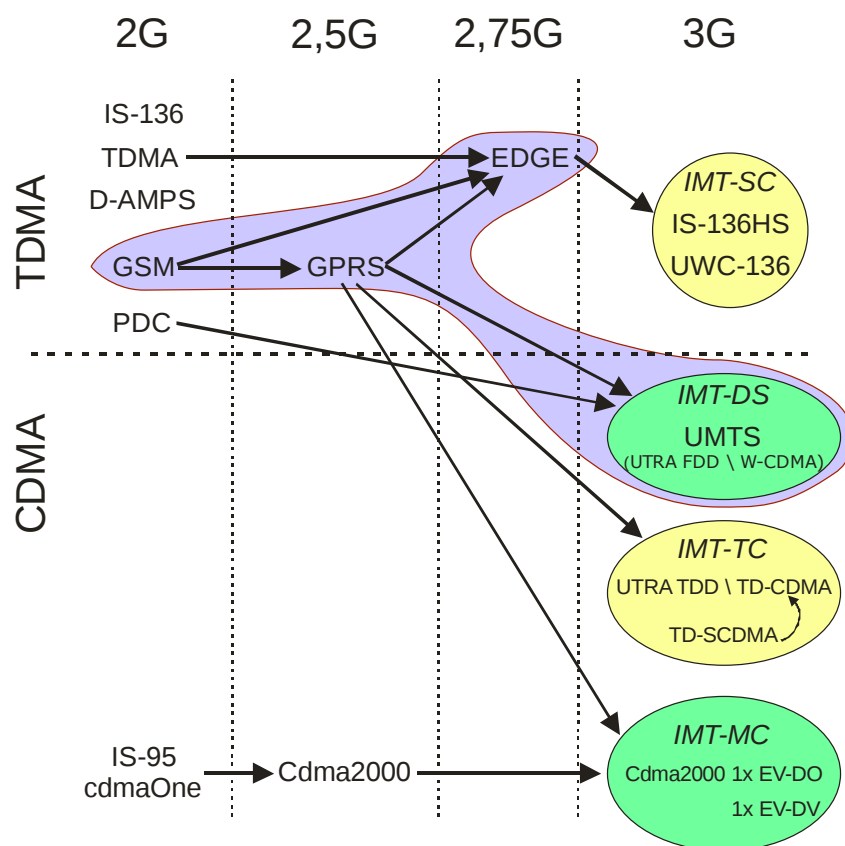
Postoje i druge 2G MK mreže i njihove 3G izvedenice, ali je njihova raširenost neznatna pri usporedbi s GSM-om. U Europi se uopće ne koriste, no treba ih spomenuti radi potpunosti prikaza i razjašnjavanja terminologije i kratica:

- D-AMPS je tehnologija ograničena na sjevernu Ameriku. Kolokvijalno je znana kao TDMA, obuhvaća i tehnologije označene s IS-136 i IS-54. Sve te tehnologije smatraju se "slijepim crijevom" razvoja mobilnih komunikacija te se preostale mreže postepeno gase i prebacuju na GSM ili tehnologije viših generacija.
- IS-95 koristi se u sjevernoj Americi, južnoj Koreji, Australiji, Brazilu, Indiji, Izraelu, Kini i Venezueli. Poznata je pod komercijalnim imenom cdmaOne. Na osnovu te tehnologije razvijen je niz 3G standarda.
- PDC je japanski mobilni standard. Daljnji razvoj 3G tehnologija temeljenih na PDC-u donekle konvergira sa razvojem tehnologija temeljenih na GSM-u.

Bez obzira na generacijsku klasifikaciju i mobilnost priključenih komunikacijskih uređaja, sve komunikacijske mreže moraju omogućiti multipleksiranje komunikacijskih kanala. Dva su osnovna načina kako to izvesti u digitalnim MK mrežama:

- Kodna dioba (*Code Division Multiple Access – CDMA*): razni tokovi podataka, poput glasovnih razgovora ili poruka, istovremeno prolaze kroz komunikacijski kanal, a razdvojeni su tako što su kodirani različitim kodovima.
- Vremenska dioba (*Time Division Multiple Access – TDMA*): razni tokovi podataka su razdvojeni tako se naizmjenice propuštaju kroz komunikacijski to jest vremenski ga dijele. Na takvom multipleksiranju zasniva se GSM tehnologija. U GSM mrežama, jednu frekvenciju može koristiti 8 mobilnih uređaja.

Slikom 2-1 prikazan je razvoj mobilnih komunikacija grupiranih prema načinu multipleksiranja komunikacijskog kanala i generacijskoj klasifikaciji. Plavom bojom objedinjene su tehnologije koje vuku porijeklo od GSM-a.



Slika 2-1: **Razvoj mobilnih komunikacija**

Mobilni telekomunikacijski standardi razvijeni na temelju GSM-a su TETRA, GPRS i UMTS. TETRA je 2G MK tehnologija [54, 134–135] korištena za posebne namjene, poput policijske komunikacije. Omogućuje i neke dodatne funkcionalnosti u odnosu na klasični GSM, poput poziva skupini korisnika [54, 136]. Osnovna razlika tog sustava u odnosu na klasičan GSM jest daleko veći domet baznih primopredajnih stanica. Zato TETRA ulazi u kategoriju radijskih komunikacija.

GPRS tehnologija (*General Packet Radio Service*) omogućuje bežični prijenos podataka do 171,2 kBit/s [54, 125], ali u praksi ta brzina najčešće iznosi oko 56 kBit/s. GPRS se klasificira kao "druga i pol" generacija (2.5G) mobilnih komunikacija. EDGE tehnologija (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*) je unapređenje GSM-a koje omogućuje bežični prijenos podataka do 384 kBit/s [54, 138]. EDGE se klasificira kao "dva i tričetvrt" (2.75G) generacija mobilnih bežičnih komunikacija. Ta tehnologija poznata je i pod nazivom EGPRS.

UMTS omogućuje bežični prijenos podataka brzinama do 11 MBit/s. Jedna od bitnih funkcionalnosti te tehnologije jest mogućnost integracije različitih drugih komunikacija, fiksnih i bežičnih u jedinstvenu telekomunikacijsku cjelinu [54, 139]. UMTS se klasificira kao tehnologija treće generacije (3G). Označava se i kao UTRA FDD/CDMA te IMT-DS. Posljednje tehnološko usavršenje UMTS-a označava se kao HSDPA, s trenutnim brzinama od 1,8 do 14,4 Mbit/s, a planiranim i preko 42 Mbit/s.

2.2 Bežične mreže

Bežične mreže koriste radio-valove ili infracrvene zrake kao prijenosnike signala umjesto žica te omogućuju povezivanje stacionarnih i mobilnih uređaja. Osnovne prednosti bežičnih mreža nad ožičenima su slijedeće:

- Prilagodljivost: uređaji spojeni na bežičnu mrežu mogu komunicirati (unutar dometa mreže) bez ikakvih fizičkih ograničenja te mogu biti fizički postavljeni bilo kako, a ne samo u blizini mrežne utičnice.
- Olakšano postavljanje: ako uređaji spojeni na bežičnu mrežu koriste isti komunikacijski standard, mogu komunicirati bez fizičkih kablova i postavljanja mrežnih preklopnika (*switch*).
- Dimenzije: bežične mrežne tehnologije omogućuju izradu malih uređaja koji mogu biti lako prenosivi ili neprimjetno postavljeni gdje treba, na primjer u povijesnim građevinama i bankama.
- Otpornost: bežične mreže otpornije su na prirodne katastrofe ili nemar.
- Cijena: uključivanje dodatnih korisnika u bežičnu mrežu ne povećava njenu cijenu.

Glavni nedostaci bežičnih mreža prema fiksnima su:

- Slabija kvaliteta usluge: brzina bežičnog prijenosa obično je zamjetno manja nego brzina ožičenih mreža (1-10 Mbit/s prema 100-1000 Mbit/s), a broj grešaka pri prijenosu veći.
- Administrativna ograničenja: bežične mreže moraju se pokoravati nacionalnim zakonima. Njihovo funkcioniranje obično je ograničeno na besplatne frekvencijske pojaseve koji pak nisu isti u svim zemljama, što usporava i otežava uspostavu globalnih rješenja.

- Sigurnost: korištenje radio-valova za primopredaju umjesto žica značajno olakšava osluškivanje komunikacijskog kanala i neovlašteno spajanje na mrežu to jest krađu etera (*bandwidth theft*). Radio-valovi mogu izazvati neželjene interferencijske pojave s drugom elektroničkom opremom.

Velika većina bežičnih mreža koristi radio-valove kao prijenosnike signala, a ne infracrvene zrake. Infracrveni prijenos je lako blokirljiv, to jest vrlo osjetljiv na fizičke prepreke pa signal ne može, primjerice, proći kroz zidove ili gušću vegetaciju. Uređaji uključeni u infracrvenu mrežu trebaju zato biti u vidnom polju. Najveća brzina infracrvenog prijenosa iznosi oko 115 kBit/s, što je malo u odnosu na mogućnosti koje nudi prijenos radio-valovima.

Dvije su osnovne vrste bežičnih mreža:

- Infrastrukturne: za rad zahtijevaju postojanje jednog ili više međusobno umreženih primopredajnika zvanih pristupne točke (*access point*). Uređaji koji se spajaju na infrastrukturnu bežičnu mrežu moraju imati i vlastiti odgovarajući primopredajnik, bežičnu mrežnu karticu (*wireless network adapter*), koja služi spajanju na pristupne točke. Pristupne točke mogu biti i most (*bridge*) prema drugim mrežama.
- Izravne ili ad-hoc: omogućuju izravnu (*peer-to-peer*) komunikaciju među uređajima. Za pristup ad-hoc mreži dovoljno je da uređaji imaju vlastiti odgovarajući primopredajnik.

Infrastrukturne mreže imaju znatno veće mogućnosti pokrivanja zemljišta. Širenjem mreže pristupnih točaka, bežični pristup preko infrastrukturnih mreža može biti omogućen u bilo kojem kutku Zemlje. Najraširenija porodica bežičnih standarda namijenjenih ostvarivanju infrastrukturnih mreža jest IEEE 802.11x, gdje je x slovo koje označava verzije standarda. Najrašireniji predstavnik te porodice je IEEE 802.11b brzine prijenosa do 11Mbit/s [54, 231]. Najbrži je IEEE 802.11a, najveće teoretske brzine prijenosa podataka od 54 Mbit/s [54, 234]. IEEE 802.11x standardi podržavaju i izravne mreže, ali realna izvedivost takvog umrežavanja mnogome ovisi i proizvođačima mrežnih kartica i mobilnih uređaja. Uz IEEE 802.11x, postoji i HIPERLAN porodica bežičnih standarda, ali se takva mrežna rješenja znatno rjeđe koriste.

Izravne mreže kratkog su dometa, ali pogodne za brzu, jeftinu i laganu izgradnju vrlo malih bežičnih mreža, primjerice unutar jednog ureda. Takve se mreže nazivaju i pikomreže (*piconets*) ili *wireless personal area network* (WPAN). Najpoznatiji standard za izravne bežične mreže jest Bluetooth. Usvojen je 1998. godine od strane konzorcija pet tvrtki: Ericssona, Intela, IBM-a, Nokije i TOSHIBE. Standard je kompatibilan sa IEEE 802.15 porodicom [54, 269–270]. Osnovne namjene Bluetootha su:

- Bežično spajanje periferne opreme na uređaje.
- Uspostava izravnih pikomreža.
- Obavljanje uloge mosta između različitih mreža.

Brzina prijenosa podataka Bluetoothom iznosi najviše 1 Mbit/s [54, 295]. Domet Bluetooth primopredajnika iznosi do 100 metara [54, 283]. Osim Bluetootha, postoji i IEEE 802.15 standard slične namjene, za uspostavu pikomreža, ali se znatno rjeđe koristi.

Važno je napomenuti da razlika između mobilnih telekomunikacijskih i bežičnih računalnih mreža sve više blijedi stoga što se mobilna telekomunikacijska infrastruktura razvija u smjeru sve veće propusnosti podataka te se zato njenim korištenjem mogu realizirati računalne

mreže visoke protočnosti (*high bandwidth*). Takva realizacija slična je sada već uobičajenom korištenju ožičene telekomunikacijske infrastrukture za realizaciju računalnih mreža: ta se infrastruktura može koristiti kao virtualna privatna mreža (VPN) koja povezuje međusobno fizički udaljene lokalne računalne mreže (LAN). U mobilnom svijetu, mobilne telekomunikacijske mreže također mogu poslužiti kao sredstvo ostvarenja VPN-a između udaljenih bežičnih ili ožičenih mreža [23]. Komunikacijska svojstva raznih mrežnih tehnologija usporedno su prikazana tablicom 2-II.

Tablica 2-II: Usporedba komunikacijskih svojstava mrežnih tehnologija

Tip mrežne komunikacijske tehnologije	Pokrivenost	Propusnost
GSM	Velika	Mala
3G	Velika	Srednja
WLAN	Srednja	Velika
Bluetooth	Mala	Srednja
LAN	Mala	Jako velika

Klasične GSM i na GSM-u temeljene mreže omogućavaju veliku pokrivenost teritorija, ali uz relativno slabu propusnost podataka. Bluetooth mreža koristi se za iznimno male prostore te kao zamjena za kabelsko povezivanje računala i periferne opreme. Klasična ožičena lokalna mreža LAN ima iznimno visoku propusnost, ali mali doseg. Bežična lokalna mreža, WLAN, ima nešto propusnost nego LAN, ali omogućuje znatno veću pokrivenost terena. Mreže 3G tipa pak omogućuju pokrivenost ravnu onoj GSM-a, ali im propusnost slabija i od WLAN-ove onemogućuje mnoge poslovne primjene. No, budući da ipak imaju propusnost daleko veću od GSM-a, razumno ih je koristiti u navedene svrhe međusobnog spajanja lokalnih mreža, ožičenih i bežičnih.

2.3 Mobilni uređaji

Najraširenija kategorija mobilnih uređaja su mobiteli i pametni telefoni čija je osnovna namjena međuljudska govorna komunikacija. Takva namjena predstavlja samo značajno poboljšanje klasične, fiksne telefonije. Nove mogućnosti otvara mobilno računarstvo, napose kada se integrira s mobilnim komunikacijama. Zato će u ovom poglavlju biti riječi o onim mobilnim tehnologijama, hardverskim i softverskim, koje u većoj ili manjoj mjeri obuhvaćaju računalne funkcionalnosti. Zbog računalnih funkcionalnosti, samo takve tehnologije su zanimljive u kontekstu projektiranja MobIS-a. Velika većina tih tehnologija može se koristiti i u mobitelima, i u pametnim telefonima, i u dlanovnicima, pa čak i u mobilnim i stolnim računalima.

Na primjer, *Wireless Application Protocol* (WAP) je tehnologija zamišljena za spajanje pametnih telefona na Internet. Zbog tehnološkog napretka, gotovo svi novi mobiteli imaju mogućnost spajanja na Internet WAP-om. Posljedica je daljnje smanjivanje razlike između mobitela i pametnih telefona. WAP se koristi i u dlanovnicima, pa čak i u prijenosnim i stolnim računalima. S druge strane, HTTP protokol, nekad namijenjen isključivo spajanju "pravih", prijenosnih i stolnih, računala na Internet, danas koriste i dlanovnici te čak i pametni telefoni i

mobiteli. Govorna komunikacija primjenom GSM-a nekada bješe u isključivoj domeni mobitela i pametnih telefona, ali danas postoji znatan broj dlanovnika s tom mogućnošću. Posljedica toga je daljnje smanjivanje razlike između dlanovnika i pametnih telefona.

Zbog svega navedenog, pri pregledu mobilnih uređaja najprimjerenije je govoriti o mobilnim tehnologijama, hardverskim i softverskim, koje ti uređaji koriste te mogućnostima uporabe mobilnih uređaja. Radi jasnoće prikaza, potrebno je ipak klasificirati mobilne uređaje, pri čemu se mora imati na umu da su granice postavljene takvom klasifikacijom vrlo neodređene.

2.3.1 Pametni telefoni i mobiteli

Gotovo svi novi mobiteli imaju neke računalne funkcionalnosti prije smatrane razlikovnom značajkom pametnih telefona. Te funkcionalnosti mogu biti, na primjer, kalendar, lista zadaća (*task list*), mogućnost spajanja na Internet korištenjem HTTP ili WAP protokola, programirljivost i mogućnost instalacije dodatnih programa, i drugo.

Glavne značajke mobitela i pametnih telefona, to jest njihove najveće razlike spram dlanovnika, jesu pretežna orijentiranost na glasovnu komunikaciju, mogućnost korištenja jednom rukom, telefonska tipkovnica te mali zaslon.

2.3.2 Dlanovnici

Dlanovnici su mobilni uređaji koji posjeduju značajne računalne te opcionalne komunikacijske funkcionalnosti. Većina dlanovnika u svijetu koristi neki 32-bitni procesor ARM porodice, brzine od 200 do 624 MHz. Glavne značajke dlanovnika su slijedeće:

- Dodirni zaslon (*touch screen*) je glavno korisničko sučelje većine dlanovnika. Podaci se upisuju na dodirni zaslon uporabom stilusa (*stylus*), posebno dizajnirane elektroničke olovke. Dva su glavna načina upisa:
 - Korisnik piše stilusom po dodirnom zaslonu, a dlanovnički program za prepoznavanje slova i riječi automatski pretvara napisano u računalna slova.
 - Korisnik tipka stilusom po virtualnoj tipkovnici iscrtanoj na dodirnom zaslonu dlanovnika.
- Mogućnost korištenja složenih aplikacija poput tekst-procesora, tabličnog kalkulatora, baze podataka, navigacijskih programa, medicinskih aplikacija, i drugih.
- Mogućnost sinkronizacije sadržaja u pohranjenog na dlanovniku sa sadržajem na prijenosnom ili stolnom računalu korištenjem žičane ili infracrvene veze. Sinkronizaciju provodi ugrađeni namjenski program.
- Mogućnost instalacije dodatnog softvera.
- Mogućnost instalacije dodatnog hardvera poput čitača prugastog koda, malog blagajničkog printera, tipkovnice, diska, GPS navigacijskog sustava i druge opreme.
- Proširivost memorije uporabom specijaliziranih memorijskih kartica ili USB stikova.
- Opcionalne mogućnosti glasovne komunikacije, primjerice korištenjem GSM-a, bežičnog spajanja na Internet, primjerice korištenjem GPRS-a, te umrežavanja korištenjem Bluetootha.

Glavna ograničenja dlanovnika su:

- Relativno mala memorija: kapacitet RAM-a iznosi 8 do 128 MB, ROM-a oko 32 MB.

- Sporost pristupa memoriji
- Mali zaslon, 320×320 ili 240 × 320 točaka oblika portreta (*portrait*). Najjači dlanovnici imaju rezoluciju do 640×480 oblika krajolika (*landscape*).
- Nepostojanje ugrađenog diska.
- Nužnost očuvanja malih dimenzija cijelog uređaja jer inače uređaj prestaje biti dlanovnik.

2.3.3 Prijenosna računala

Prijenosna računala ili prijenosnici su mobilne verzije stolnih računala i imaju jednake mogućnosti, ali i višu cijenu zbog dodatnih troškova izrade smanjenih i energetski štedljivijih inačica standardnog hardvera. Prijenosna računala se, češće od stolnih, odlikuju slijedećim značajkama:

- Većina ima ugrađen Bluetooth primopredajnik.
- Većina ima urađenu bežičnu mrežnu karticu IEEE 802.11x standarda.
- Mnoga koriste specijalizirane procesore niske potrošnje i zagrijavanja te nešto manje brzine rada, primjerice Intelova Centrino tehnologija.
- Prijenosna računala nemaju klasične PCI utore za proširenja, ali zato imaju jedan PCMCIA utor.

Osim toga, mnogi korisnici prijenosnih računala služe se bežičnim pristupom Internetu korištenjem GPRS-a ili UMTS-a. Tehnički se takav pristup ostvaruje umetanjem primopredajne kartice u PCMCIA utor.

2.3.4 Uklopljena računala

Uklopljena (*embedded*) računala su prijenosnici pokretani specijaliziranom, uklopljenom verzijom operacijskog sustava. Uklopljeni operacijski sustav kompatibilan je sa stolnom verzijom namijenjenom klasičnim prijenosnicima ili stolnim računalima, ali s reduciranim dodatnim funkcionalnostima. Uklopljeni OS zato je manjih dimenzija od stolnog parnjaka te je tipično sadržan u ROM-u računala. Mrežna periferna oprema uklopljenih prijenosnih računala često je ista kao na običnim prijenosnim računalima. Uklopljena računala obično nemaju disk, nego *flash* memoriju.

2.4 Mobilni operacijski sustavi

Osnovna razlika među dlanovnicima jest u operacijskim sustavima. Uvriježeno je da se dlanovnici klasificiraju prema operacijskom sustavu kojeg koriste, a ne prema, primjerice, procesoru ili hardverskoj opremi općenito. Pametni telefoni koriste slične ili iste operacijske sustave koje koriste dlanovnici.

2.4.1 Palm OS

Prva verzija Palm OS-a razvijena je godine 1996. Današnji vlasnik tog OS-a i njegovih izvedenica je tvrtka Palm Source, od rujna 2005. u vlasništvu japanske kompanije ACCESS. Na Palm OS-u bio je temeljen prvi komercijalni dlanovnik Palm Pilot, pušten u prodaju 1996. godine.

Posljednja, 6. verzija tog OS-a je Palm Cobalt, komercijalno dostupna od 2005. godine, ali u kojoj do kraja 2006. godine još nije izveden niti jedan komercijalni mobilni uređaj. Novi

mobilni uređaji još uvijek se izvode u nešto starijoj Palm Garnet verziji. Cobalt je projektiran tako da u potpunosti iskorištava mogućnost ARM procesorske arhitekture, uključivo i višedretvenost, što nije slučaj sa starijim verzijama Palm OS-a. Svi Palm OS-ovi imaju ugrađenu podršku za shematske baze podataka, ali samo Cobalt ima ugrađenu podršku i za relacijsku bazu [27, 192]. Tvrtka Palm Source najavila je da će daljnji razvoj Palm OS-a biti temeljen na Linuxu.

2.4.2 Windows CE

Windows CE, kolokvijalno znan kao WinCE, obuhvaća porodicu operacijskih sustava za pametne telefone i dlanovnike. Taj se pojam često smatra istovjetnim pojmovima Windows Mobile, Pocket PC i Microsoft Smartphone, no to poistovjećivanje nije sasvim ispravno:

- WinCE je modularni operacijski sustav, što znači da razne klase mobilnih uređaja koriste razne kombinacije WinCE modula kao operacijski sustav.
- Windows Mobile je skup softverskih platformi temeljen na WinCE operacijskom sustavu. Svaka platforma obuhvaća drugu kombinaciju WinCE modula i ugrađenih korisničkih programa.
- Glavne Windows Mobile platforme su Pocket PC za dlanovnike i Smartphone za pametne telefone.

I dlanovnici pokretani WinCE-om, i njihov operacijski sustav obično se kolokvijalno nazivaju Pocket PC. Pametni telefoni pokretani WinCE-om obično se nazivaju *smart phone*, a njihov operacijski sustav Windows Mobile, iako se, dakle, radi samo o jednoj Windows Mobile platformi.

Od verzije 4.2, svi WinCE operacijski sustavi podržavaju Microsoftovu .NET tehnologiju. Uređaji pod WinCE-om imaju mogućnost pokretanja snažne mobilne baze podataka Microsoft SQL Server CE koja se može lako sinkronizirati sa standardnim SQL Serverom.

2.4.3 Symbian OS

Symbian OS je najstariji operacijski sustav za mobilne uređaje. Njegov izravni prethodnik bješe operacijski sustav EPOC tvrtke Psion (nekad poznate po softveru za ZX Spectrum), razvijen 1987. godine za tadašnje Psionove dlanovnike i prijenosna računala. Godine 1998. Psion, Nokia, Ericsson i Motorola osnovali su tvrtku Symbian. EPOC verzije 5 preimenovan je u Symbian OS verzije 5 i postao glavni proizvod te tvrtke. Posljednja verzija Symbian OS-a je 9.3, izdana u srpnju 2006. U studenom iste godine broj prodanih mobitela pokretanih tim OS-om dosegao je 100 milijuna. Mobiteli pod Symbian OS-om uglavnom su onih marki koje su i tvrtke suvlasnici Symbiana. Najjači podržavatelj Symbian OS-a je Nokia.

2.4.4 BlackBerry

BlackBerry je naziv za dlanovnike kanadske tvrtke Research in Motion i njihov, zapravo neimenovani, operacijski sustav. Ti se dlanovnici posebni po slijedećem:

- U pravilu imaju pravu tipkovnicu.
- Ugrađen softver i hardver obavezno podržava dojavnu e-poštu (*push e-mail*), mobilno telefoniranje, slanje poruka, faksiranje i pretraživanje Interneta.

BlackBerry dlanovnici napose su popularni u sjevernoj Americi. Najčešće se koriste upravo u osobne komunikacijske svrhe.

2.4.5 OS-ovi temeljeni na Linuxu

Postoji više dlanovničkih OS-ova temeljenih na Linuxovoj jezgri, ali tri su najpoznatija: Maemo, ponajviše korišten u Nokijinim dlanovnicima, GPE i Qtopia. Takvi operacijski sustavi zauzimaju malen dio tržišta.

2.5 Mobilni Internet

Pod pojmom mobilnog interneta obično se misli na web stranice koje su čitljive kada se pregledavaju s mobilnih uređaja te na protokole i opisne jezike koji omogućuju dohvat odnosno prikaz i izradu takvih stranica. U tu svrhu, godine 1998 tvrtke Ericsson i Nokia osnovale su konzorcij zvan WAP Forum koji je donio standarde za:

- internetski komunikacijski protokol namijenjen mobilnim uređajima zvan *Wireless Application Protocol* (WAP)
- opisni jezik za prikaz i izradu mobilnih stranica zvan *Wireless Markup Language* (WML)

Oba standarda temeljena su na svojim klasičnim internetskim parnjacima HTTP-u i HTML-u, ali su reducirani i prilagođeni tehničkim mogućnostima mobilnih uređaja, prije svega pametnih telefona. WAP Forum se godine 2002. Udružio u *Open Mobile Alliance* (OMA) grupu, zajedno s drugim tijelima koja su se bavila standardizacijom mobilnih tehnologija. No, WAP i WML nisu dobro niti široko prihvaćeni, osim u Japanu. Više je uzroka tome:

- Neprecizna specifikacija koja je uzrokovala nejednaku primjenu određenih funkcionalnosti na raznim modelima mobilnih uređaja te tako u mnogome reducirala kompatibilnost.
- Nedostatak dobrih razvojnih alata koji bi omogućio mobilni internetski razvoj po principu "*write once, run everywhere*" te vezano uz to:
 - Nedostatak poslužiteljskog softvera koji bi znali mobilnim uređajima slati prilagođeni sadržaj. Pod prilagođenim sadržajem misli se na prikaz u skladu s mogućnostima mobilnog uređaja, kao što je rezolucija, broj boja, i drugo.
- Ograničene prikazne mogućnosti samih mobilnih uređaja u prvim godina 21. stoljeća koje su bitno ograničavale uporabu bilo kakvih internetskih sadržaja na njima.

Daljnijim razvojem mobilnih tehnologija, napose onih temeljenih na WinCE-u, omogućena je proizvodnja takvih mobilnih uređaja, napose dlanovnika, koji mogu prikazivati stranice u HTML-u. Budući da takve mobilne platforme imaju primat na tržištu s tendencijom daljnjeg rasta, eventualna konkurencija također mora omogućavati jednaku internetsku funkcionalnost. Zato će WAP i pripadne tehnologije vremenom vjerojatno biti napuštene ili očuvane samo u domeni pametnih telefona. Mobilni Internet temeljit će se na jednakim tehnologijama kao i klasični, s tim da će se pri dizajnu i izradi mobilnih web aplikacija i dalje morati voditi računa o ograničenim prikaznim mogućnostima mobilnih uređaja.

2.6 Razvoj mobilnog softvera

Razvoj mobilnog softvera obavlja se na običnom računalu. Pri tom se najčešće koristi neki klasični razvojni alat obogaćen dodacima koji omogućuju ili olakšavaju programiranje mobilnih uređaja. Najvažniji takvi dodaci su simulatori mobilnih uređaja. Njihovom uporabom razvoj mobilnog softvera moguć je bez fizičkog mobilnog uređaja. Platforme za razvoj mobilnog softvera prikazane su tablicom 2-III.

Tablica 2-III: Razvojni alati za mobilni softver

Platforma	Programski jezik	Alati
Symbian OS	C++	Carbide.c++ (temeljen na Eclipseu) Crossfire (dodatak za Visual Studio) CodeWarrior Xcode
Java ME	Java	Eclipse NetBeans Mobility pack
Python	Python	Razni, uključivo Eclipse i Visual Studio.
Flash Lite	ActionScript	Macromedia Flash Eclipse
.NET Compact Framework	C#, VB.NET, C++.NET	Visual Studio 200x
Microbrowser	XHTML (WAP 2.0) WML (WAP 1.2)	Razni
BREW	C/C++	Visual Studio 6.0, Visual Studio 2003
Palm OS	C/C++	Eclipse CodeWarrior

Osnovne osobine platformi navedenih tablicom 2-III su slijedeće:

- Symbian OS platforma služi za razvoj na svim uređajima s tim operacijskim sustavom.
- Java ME je platforma na kojoj je razvoj neovisan od operacijskog sustava i hardvera mobilnog uređaja, baš kao i u standardnoj Javi, ali ciljni mobilni uređaj mora imati instaliran Java Run-Time Environment.
- Python je platforma na kojoj je razvoj neovisan od operacijskog sustava i hardvera mobilnog uređaja. Postoje izvedbe Pythona za Java Run-Time Environment i za .NET Compact Framework.
- Flash Lite je mobilna verzija standardne Flash platforme. Iako se najčešće koristi za izradu animacija na webu, moguća je upotreba te platforme za izradu poslovnih informatičkih rješenja.
- .NET Compact Framework je platforma na kojoj je razvoj neovisan operacijskog sustava i hardvera mobilnog uređaja, ali mobilni uređaj mora imati instaliran .NET Compact Framework.

- Microbrowser je generičko ime za internetske pretraživače na mobilnim uređajima. To je i naziv za skup platformi koje omogućuju stvaranje web stranica prilagođenih mobilnim uređajima. Te su stranice obično izrađene korištenjem WML-a. Ponekad se takve stranice izrađuju u običnom HTML-u, ali broj uređaja sa microbrowserom sposobnim za čitanje tih stranica je još uvijek relativno mali.
- BREW je platforma za mobilni razvoj američke tvrtke Qualcomm. Obuhvaća i funkcionalnosti koje inače pripadaju operacijskom sustavu. Ozbiljan nedostatak te platforme je nepostojanje pravog simulatora mobilnih uređaja. Osim toga, svi BREW developeri moraju svoje proizvode podnijeti Qualcommu na relativno skupo digitalno potpisivanje i testiranje.
- Palm OS platforma služi za razvoj na svim uređajima s tim operacijskim sustavom.

2.7 Mobilno pozicioniranje

Mobilno pozicioniranje je pojam koji označava mogućnost očitavanja geografske lokacije mobilnog korisnika korištenjem njegovog mobilnog uređaja odnosno sklopova ili periferne opreme tog uređaja. Mobilno pozicioniranje je od velikog potencijalnog značenja za one mobilne aplikacije i usluge čija funkcionalnost ovisi o lokacijskom kontekstu mobilnog korisnika. Na primjer, ako mobilni korisnik pristupa turističkom portalu tražeći informacije o restoranima ili plažama, portal mora znati na kojoj se lokaciji nalazi taj korisnik kako bi mu dao informacije o traženim objektima u njegovoj blizini. U takvim slučajevima, često jest moguće da mobilni korisnik ručno upisuje svoju lokaciju, no obično je praktičnije da se ona automatski očitava. Postoje, međutim, i drugi slučajevi, primjerice cestovna navigacija, u kojima je korisnički upis vlastite geografske pozicije nemoguć ili jako nepraktičan. Tada se mora pribjeći automatskom očitavanju geografske pozicije koje se izvodi na neki od slijedeća dva načina [77]:

- Satelitskom navigacijom
- Staničnom identifikacijom

Satelitska navigacija oslanja se na neki komercijalni satelitski navigacijski sustav. Najčešće je to američki GPS, ali od svibnja 2007. komercijalno je dostupan i ruski GLONASS. Europska unija gradi svoju satelitsku navigaciju koja će zaživjeti iza 2010. Za korištenje satelitske navigacije, mobilni uređaj mora imati ugrađen odgovarajući prijemnik. Prijemnik je osjetljiv na prepreke, primjerice zidove, pa pri predviđanju potreba za mobilnim pozicioniranjem treba voditi računa o tome da li će mobilni korisnik moći doći na otvoreno radi očitavanja pozicije. Određivanje pozicije satelitskom navigacijom moguće je s prilično velikom točnošću, reda veličine metra. Satelitska navigacija je samopozicionirajuća tehnika, što znači da sam mobilni korisnik svojim mobilnim uređajem određuje svoju poziciju.

Stanična identifikacija oslanja se na primopredajne stanice mobilne komunikacijske mreže. Ako je mobilni komunikacijski uređaj u dometu jedne ili više takvih stanica onda se može saznati njegova okvirna pozicija. Preciznost takvog određivanja pozicije je relativno niska, s greškom veličine dvjestotinjak metara. Stanična identifikacija je daljinski pozicionirajuća tehnika, što znači da sam mobilni korisnik ne može svojim uređajem odrediti svoju poziciju, nego mu tu uslugu mora pružiti i o rezultatima ga izvijestiti vanjski sustav, mobilna komunikacijska mreža na koju je mobilni uređaj spojen.

3 Poslovni procesi i metodika njihovog modeliranja

Već u uvodnom poglavlju navedena je kratka definicija poslovnog procesa koja je bila potrebna da bi se moglo odrediti područje istraživanja obuhvaćeno ovim radom. Međutim, ako procese treba unapređivati da bi se poboljšala učinkovitost cijelog sustava, onda je potrebno detaljnije poznavati prirodu svih procesa u sustavu i njihovu unutrašnju strukturu, jednako kao i njihove međusobne odnose i kontekst u kojem se pojavljuju. Samo potpuno razumijevanje procesa omogućit će pravilan izbor i primjenu suvremenih informacijskih i komunikacijskih tehnologija, uključivši i mobilne tehnologije, za povećanje djelotvornosti¹ pojedinih procesa i učinkovitosti² cijelog organizacijskog sustava. Stoga će se u sljedećim točkama ovog poglavlja detaljnije razmotriti međusobni odnosi između poslovnih procesa, organizacijskog sustava i njegovog informacijskog podsustava.

3.1 Organizacijski i informacijski sustav i poslovni proces

Zakovitosti razvoja i načine djelovanja informacijskih sustava moguće je ispravno i cjelovito objasniti samo onda ako razmatranje polazi od objektnog sustava u kojem informacijski sustav djeluje. Sva razmatranja u ovom radu se odnose samo na **organizacijske sustave** koji su specijalizirana vrsta objektnih sustava. Ponašanje i svojstva organizacijskih sustava dobro su opisani u literaturi, a prema [80] su definirani, kao *cilju usmjereni dinamički sustavi s višerazinskom strukturom, povratnom vezom i upravljanjem, koji imaju svojstvo učenja i samoorganiziranja, a djeluju u promjenljivim uvjetima okoline*. Ne ulazeći u dublja teorijska razmatranja, ovdje će se podrazumijevati da su proizvodna poduzeća, banke, škole, bolnice, državna uprava te državne i društvene ustanove, i tako dalje – organizacijski sustavi.

Organizacijski sustavi postoje samo zato jer u okolini postoji potreba za rezultatima njihovog djelovanja. Zadovoljavanje tih potreba je **svrha postojanja (ili misija)** svakog organizacijskog sustava. Prepoznavanje potreba koje dolaze iz okoline i oblikovanje zamisli o tome kako zadovoljiti te potrebe naziva se **postavljanje ciljeva**. Ciljevi moraju biti mjerljivi pa stoga za svaki organizacijski sustav postoje kriteriji za procjenu postizanja tih ciljeva. Za gospodarske sustave **dobit** je najvažniji kriterij ostvarenja ciljeva, ali za mnogo drugih sustava (primjerice škole, zdravstvene ustanove, državnu upravu, policiju, znanstvene i kulturne ustanove) kriteriji su daleko složeniji. Iako se pojedinačni ciljevi različitih organizacijskih sustava bitno razlikuju, **opći cilj** je uvijek isti: izvoditi temeljne aktivnosti tako da se osigura **opstojnost** sustava u promjenljivim uvjetima okoline te omogućiti njegov budući **rast i razvoj**.

Da bi organizacijski sustav ostvario postavljene ciljeve, on objedinjava ljude, radne postupke te potrebne tehnološke resurse. On, međutim, nije amorfni skup svojih sastavnih elemenata, već ima prepoznatljiv unutrašnji ustroj (najčešće hijerarhijski, prikazan strukturnim stablom ili matrični, u obliku dvodimenzionalne tablice) koji omogućava najpovoljniji način izvršavanja cilju usmjerenih aktivnosti. Svaki dio složenog sustava izvršava pri tome jedan dio zadataka

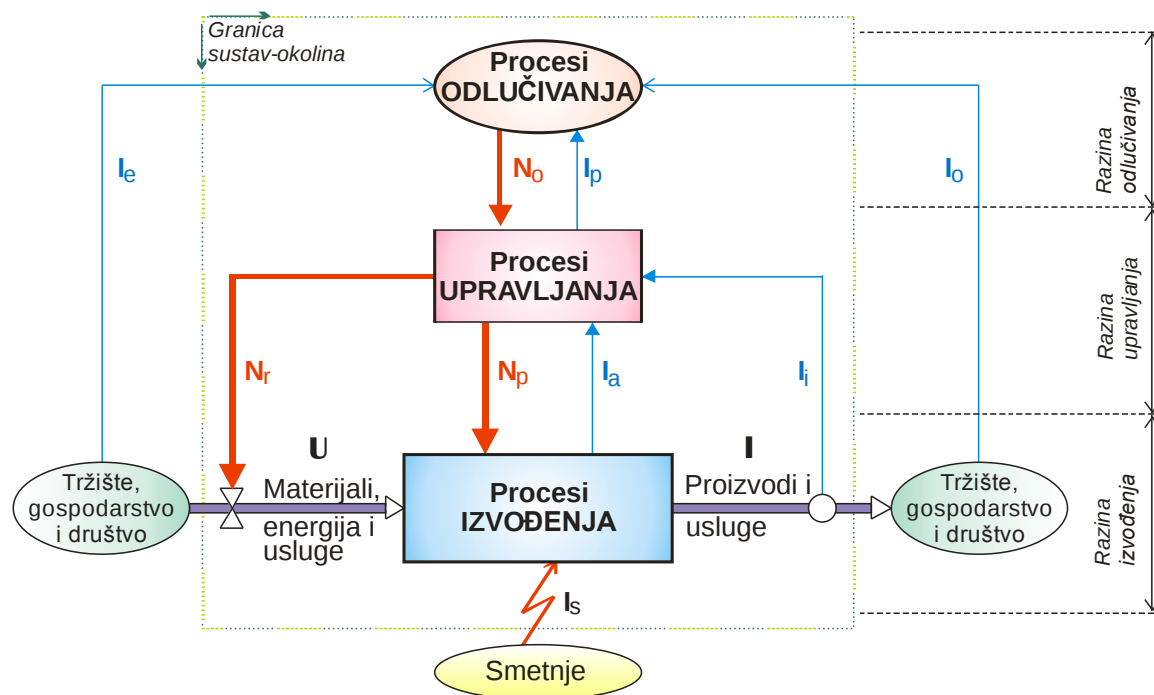
¹ Djelotvornost (*efficiency*) je stupanj korisnog djelovanja svakog procesa. Kod klasičnih proizvodnih procesa za ovaj se pojam koristi još i naziv *produktivnost*.

² Učinkovitost (*effectiveness*) je omjer ukupnih izlaza i ulaza. Svaki organizacijski sustav nastoji stvoriti zadanu izlaznu vrijednost uz što manji utrošak ulaznih resursa ili od zadanih resursa što veću izlaznu vrijednost.

cjeline, ali je njihovo djelovanje međusobno usklađeno. Ciljevi djelovanja svakog dijela sustava su u takvom slučaju podskup općih ciljeva sustava.

Postavljene ciljeve organizacijski sustav ostvaruje izvođenjem velikog broja raznovrsnih poslovnih procesa. **Poslovni proces** je, prema [81] i u skladu s prethodnim razmatranjima, *skup aktivnosti i odluka, preko kojih se ostvaruje neki dio cilja organizacijskog sustava, za čije izvođenje su potrebni određeni resursi i određeno vrijeme, a ima vrijednost za korisnika proizvoda i usluga koje daje razmatrani organizacijski sustav*. Svaki pojedinačni poslovni proces sudjeluje, dakle, u stvaranju vrijednosti koja zadovoljava potrebu nekog entiteta iz okoline (za gospodarske sustave ti su entiteti *kupci* njihovih proizvoda ili usluga), ali se cjelovita potreba može ostvariti tek povezanim djelovanjem svih procesa u organizacijskom sustavu. Ovako povezane procese čije se djelovanje u dobro organiziranim sustavima odlikuje pozitivnim sinergizmom zovemo **poslovnom tehnologijom**. Poslovna tehnologija je dakle širi pojam od proizvodne tehnologije te predstavlja specifični način djelovanja svakog organizacijskog sustava. Isti procesi (poput prijema robe ili izdavanja robe sa skladišta) pojavljuju se u različitim poslovnim tehnologijama, ali se pri tome mogu izvoditi s različitom djelotvornošću što zavisi o vrsti i količini resursa koji se pri tome troše.

Opća shema ovako opisanog organizacijskog sustava i njemu odgovarajućeg informacijskog sustava prikazana je, prema [79], na slici 3-1.



Slika 3-1: Prikaz organizacijskog sustava i njegovog informacijskog podsustava

Sve procese koji čine poslovnu tehnologiju bilo kojeg organizacijskog sustava moguće je, prema gornjoj razvrstati na tri razine ili tri podsustava: **izvođenje, upravljanje i odlučivanje**.

Na **razini izvođenja** izvode se procesi osnovne djelatnosti organizacijskog sustava. To su procesi po kojima je on prepoznatljiv vanjskom promatraču, poput izrade proizvoda u proizvodnom poduzeću, novčane transakcije u banci, i slično. U procesima na razini izvođenja pretvaraju se ulazni čimbenici **U** u izlazne vrijednosti **I** koje sustav isporučuje svom okruženju. Kod proizvodnih sustava ovi su tokovi pretežito materijalni, a kod drugih mogu biti

novčani, primjerice u bankama, ili pak nematerijalni, primjerice u školama ili državnim ustanovama. Svaki sustav nastoji povećati djelotvornost ove pretvorbe. U gospodarskim sustavima na ovoj se razini stvaraju nove vrijednosti koje u računu dobiti čine prihod. Ukupna dobit, međutim, ne zavisi samo o djelotvornosti rada na razini izvođenja, već o učinkovitosti djelovanja cijelog poduzeća.

Na **razini upravljanja** planira se i organizira rad, usklađuju potrebe za resursima i odobrava njihovo korištenje, prati uspješnost organizacijskog sustava i pokreću akcije za otklanjanje poremećaja koji dolaze iz okoline ili iz procesa s razine izvođenja. Za upravljanje su potrebne informacije o aktivnostima I_a na razini izvođenja, informacije o izlaznim učincima sustava I_i te informacije o vanjskim poremećajima I_s . Na osnovi tih informacija te zadanih ciljeva N_o s razine odlučivanja, u procesima upravljanja se donose nalozi o načinu izvođenja poslova N_p i korištenju ulaznih resursa N_r . Od kakvoće upravljanja zavisi učinkovitost organizacijskog sustava kao cjeline. Ako se radi o poduzeću, onda je mjera učinkovitosti dobit.

U vezi upravljanja organizacijskim sustavom treba napomenuti da ono ne bi ni bilo potrebno kada bi se procesi izvođenja odvijali determinirano, a vanjske smetnje ne bi imale nikakvog utjecaja. No, tada bi se radilo o automatu koji za zadani ulaz uvijek daje traženi izlaz, a ne o organizacijskom sustavu. Nadalje, pojam smetnje I_s valja shvatiti u širem smislu, to jest kao svaki poremećaj iz okoline, a ne samo onaj koji smanjuje izlaz. Tako shvaćena smetnja kao što je povećanje tržišne potražnje može i poticajno djelovati na organizacijski sustav.

S **razine odlučivanja** zadaju se ciljevi, oblikovani kao odluke N_o koji su mjerodavne za procese upravljanja. Za proizvodno poduzeće to može biti, na primjer, odluka o raspodjeli ostvarene dobiti, razvoju novih proizvoda, usvajanju novih proizvodnih tehnologija, ulasku na nova tržišta, i tako dalje. Za odlučivanje su potrebne informacije o poslovnom stanju poduzeća I_p te informacije o utjecaju okoline I_o na poduzeće, poput tržišnih kretanja, izvora financiranja, dostupnih tehnologija, i drugih. O kakvoći razine odlučivanja ovisi stabilnost organizacijskog sustava te njegov budući rast i razvoj.

O stanju u organizacijskom sustavu i njegovoj okolini postoji mnoštvo podataka. Te podatke treba prikupiti, pohraniti, izlučiti značajne, raspodijeliti po procesima na razini izvođenja, odnosno obraditi ih u informacije pogodne za upravljanje i odlučivanje te dostaviti na odgovarajuće razine. Ako je opseg tih podataka obiman, broj procesa koji ih trebaju velik, algoritmi njihove pretvorbe u informacije složeni, a potrebno vrijeme za donošenje odluka kratko, onda treba izgraditi poseban podsustav organizacijskog sustava koji će biti namijenjen samo dobrom i učinkovitom obavljanju tih poslova. Tako definiran podsustav naziva se **informacijskim podsustavom** organizacijskog sustava. Na temelju ovih razmatranja ilustriranih slikom 3-1, izvedena je u [10] genetička³ definicija informacijskog sustava koja glasi: *Informacijski sustav je podsustav organizacijskog sustava, čije su zadaće: (a) povezati procese na razini izvođenja, upravljanja i odlučivanja, (b) poboljšati djelotvornost procesa izvođenja, (c) omogućiti bolje upravljanje i povećanje učinkovitosti sustava te (d) povećati pouzdanost odlučivanja.*

³ U [10] je ovaj naziv izveden prema pojmu "genetička metoda". To je filozofska metoda koja nastoji proučiti i shvatiti razloge neke pojave i način njezinog postanka (za razliku od deskriptivne metode, koja opisuje pojavu kao gotovu činjenicu, tj. onakvu kakvu vidimo kada je već nastala i djeluje).

Na slici 3-1 informacijski sustav obuhvaća sve tokove koji su simbolički prikazani strelicama. Valja uočiti da u objektnom sustavu postoje tri različite vrste tokova: **informacija**, **naloga**⁴ i **resursa**, dok su u IS-u ta tri toka reducirana na dva: **informacija** i **naloga**. Naime, informacijski sustav ne barata materijalnim tokovima, već informacijama o tim tokovima. Tako se u IS-u ne prometuje s materijalima, već s informacijama o prometu materijala.

Djelovanje informacijskog sustava, a posljedično tome i svi postupci njegovog projektiranja i izgradnje, moraju se dakle promatrati u vezi s djelovanjem organizacijskog sustava kojem IS pripada. Organizacijski sustav djeluje kroz povezane procese i odluke, a informacijski sustav omogućava da se njegovi procesi odvijaju brže i kvalitetnije te da cijeli organizacijski sustav bude učinkovitiji. Poslovna tehnologija mora se odražavati u strukturi informacijskog sustava koji ju podržava, to jest IS treba smatrati modelom poslovne tehnologije. I na kraju, osobitost suvremenog informacijskog sustava je da su njegovi dijelovi izgrađeni uz visoku razinu uporabe informacijskih tehnologija pod čim se podrazumijevaju uređaji (*hardware*) i programi (*software*) te način komunikacije i korištenja uređaja i programa.

Nijedna od tri razine opisane slikom 3-1 nije homogena, već se unutar nje odvija veći broj pojedinačnih procesa. To je posebno izraženo na razini izvođenja, gdje se odvija transformacija ulaznih veličina **U** u izlazne **I**. Slijedom spoznaja iz teorije sustava, može se i podsustav izvođenja dalje promatrati kao sustav kojeg čine procesi međusobno povezani materijalnim i informacijskim tokovima. Ovo raščlanjivanje se može nastaviti i dalje pa se i svaki proces može smatrati sustavom koji se sastoji od većeg broja aktivnosti (ili radnih koraka), povezanih materijalnim i informacijskim tokovima čiji je slijed određen logičkim uvjetima koji se pojavljuju tijekom izvođenja procesa.

Na temelju prethodnih razmatranja i rasprave u [57]⁵ izvedena je u [11] radna definicija poslovnog procesa: *Poslovni proces je povezani skup aktivnosti i odluka, koji se izvodi na vanjski poticaj radi ostvarenja nekog mjerljivog cilja organizacije, troši vrijeme i pretvara ulazne resurse u specifične proizvode ili usluge od značaja za kupca ili korisnika*. Dalje u ovom radu podrazumijevat će se ovakva definicija poslovnog procesa.

3.2 Postupci i norme za modeliranje poslovnih procesa

U ovoj točki biti će kratko opisane metode i tehnike modeliranja poslovnog procesa, koje će se koristiti u kasnijim poglavljima ovoga rada. Te metode i tehnike dio su, u uvodu spomenute, *Business Process Modeling* paradigme (BPM). BPM je skup metoda, tehnika i jezika za modeliranje i izvršavanje poslovnih procesa. Jedan dio tih metoda, tehnika i jezika jest normiran od strane nadležnih stručnih međunarodnih tijela i neprofitnih konzorcija, dok je za drugi dio standardizacija u tijeku. Rad spomenutih stručnih tijela i neprofitnih konzorcija, kao što su BPMI ili Oasis, podržavaju mnogi industrijski giganti pa makar inače bili konkurencija. Među podržavateljima su tako, primjerice, IBM, Microsoft, Oracle i BEA. Krajnji cilj BPM paradigme jest uspostavljanje zajedničkih normi za definiciju, opis, projektiranje,

⁴ *Informacija* je, prema teoriji informacija, poruka od značenja primatelja. On odlučuje treba li, i kako, djelovati na osnovu primljene informacije. *Poruka* je skup podataka u prometu između davatelja i primatelja, a *podatak* je iskaz objektivne stvarnosti. *Nalog* je informacija koja obvezuje primatelja na određeno djelovanje.

⁵ A. Sharp i P. McDermott definiraju poslovni proces na sljedeći način: „*A business process is a collection of interrelated work tasks, initiated in response to an event, that achieves a specific result for the customer of the process.*“ Ova definicija ne naglašava transformaciju ulaza u izlaze, povezanost s ciljeima i potrebe resursa.

prikaz i izvršavanje poslovnih procesa te normi koje će omogućiti međuprocenu interoperabilnost.

Korištenjem BPM paradigme za projektiranje mobilnih informacijskih sustava, što je jedan od osnovnih ciljeva ovog rada, nastojat će se stvoriti metodika koja će se uklopiti u suvremene industrijske norme za modeliranje poslovnih procesa i razvoj informacijskih sustava.

Prije prikaza BPM metoda i tehnika korištenih u ovome radu, potrebno je naglasiti neke posebnosti kod definicije procesa. U BPM paradigmi, poslovni proces je prema [33] detaljni, "korak-po-korak" algoritam kojim se opisuje kako se njegovim izvršavanjem postiže određeni poslovni cilj od interesa za korisnike. Korisnik pri tome može biti neki vanjski entitet u odnosu na razmatrani organizacijski sustav, ali također i neki drugi entitet (najčešće organizacijska jedinica) unutar organizacijskog sustava. Koraci provođenja procesa nazivaju se općim imenom aktivnosti. Aktivnosti mogu biti:

- jednostavne (*task*), ako čine osnovni korak algoritma to jest ako se kroz njih obavlja elementarna operacija ili
- složene (*sub-process*), ako su sastavljene od više jednostavnih aktivnosti.

Temeljno svojstvo procesa u BPM paradigmi jest: **proces je web-servis**. To znači da svaki program kojim se izvršava proces ima dvije temeljne komponente:

- Procesni pogon (*engine*) zadužen za obavljanje procesa. Pogon mogu činiti, primjerice, .NET biblioteke i Java klase. Interna izvedba tog pogona je stvar svakog proizvođača.
- Slušalo (*listener*). Slušalo je softver koji osluškuje narudžbu za obavljanje procesa, nakon primitka zahtjeva pokreće pogon te, nakon što pogon završi s obavljanjem procesa, isporučuje rezultate obavljanja procesa naručitelju. Naručitelj je drugo računalo to jest neki program na tom računalu. Razmjena informacija između procesa odnosno web-servisa i naručitelja obavlja se korištenjem standardnih protokola, SOAP i HTTP, što znači da je proces izveden po BPM paradigmi inherentno interoperabilan.

U okviru BPM-a je trenutno razvijeno 17 standarda [33], namijenjenih raznim poslovima u modeliranju i obavljanju poslovnih procesa. Ovdje će biti kratko prikazana samo norma za modeliranje poslovnih procesa, pod nazivom *Business Process Modeling Notation (BPMN)*⁶ jer se u ovom radu ta norma koristi pri izradi metodike projektiranja mobilnih informacijskih sustava te za analizu njihove učinkovitosti.

BPMN je standardizirani grafički notacijski jezik čija je svrha predočiti model poslovnih procesa u obliku jedne vrste dijagrama toka (*workflow*). BPMN je razvila *Business Process Modeling Initiative* grupa (BPMI). Ta grupa je godina 2005. prerasla u *Object Management Group* (OMG) koja je sada zadužena za održavanje i dopunu BPMN-a. Trenutna verzija BPMN-a je 1.1, a verzija 2.0 je u razvoju.

⁶ Ovaj kratki prikaz je priređen prema važećem izdanju od veljače 2006. godine, koje ima oznaku „*OMG Final Adopted Specification*“.

Temeljni ciljevi BPMN-a su:

- Osigurati standardnu notaciju razumljivu svim poslovnim sudionicima, od izvršnog osoblja, preko projekatanta i softverskih inženjera do uprave (*management*). Na taj način BPMN omogućuje premošćivanje jaza između modeliranja poslovnih procesa i izrade informacijske potpore za njih.
- Omogućiti generiranje izvršnog jezika, zvanog BPEL (*Business Process Execution Language*), za obavljanje poslovnih procesa izravno iz grafičkog modela.

BPMN podržava modeliranje poslovnih procesa te nije namijenjen prikazu organizacijskih struktura, niti podatkovnih modela, niti detaljnoj razradi algoritama. Iz BPMN-a može biti vidljiv tok podataka, iako sam BPMN nije namijenjen modeliranju podatkovnih tokova.

Modeliranje korištenjem BPMN-a obavlja se uporabom relativno malog postava grafičkih simbola, lako razumljivih kako poslovnim korisnicima, tako i softverskim inženjerima. Bitno je napomenuti da BPMN standard dopušta proširenja i prilagodbe tih simbola radi pokrivanja svih poslovnih potreba. Rezultat modeliranja korištenjem BPMN-a je dijagram poslovnih procesa – *Business Process Diagram* (BPD). Osnovni građevni elementi BPD-a iz spomenutog postava grafičkih simbola su slijedeći:

- Objekti tijeka (*flow objects*) koje čine: događaji (*events*), aktivnosti (*activities*) i grananja (*gateways*). To su aktivni objekti BPD-a, kojima se definira vrijeme i resursi te način izvršavanja aktivnosti unutar procesa.
- Spojni objekti (*connecting objects*) su: slijedni tokovi (*sequence flows*), tokovi poruka (*message flows*) i pridruživanja (*associations*). Pomoću tih objekata se definiraju veze između objekata tijeka.
- Grupirajući objekti su polje ili spremnik (*pool*), koji može imati trake ili staze (*lanes*). Ovi objekti se koriste za prikaz aktivnih objekata po raznim kriterijima, kao što su npr. organizacijske jedinice, radna mjesta, mjesta izvođenja, vrsta troškova i slično.
- Dopunski objekti (*artifacts*) mogu biti: podatkovni objekti (*data objects*) kojima se naznačava veza podataka s objektom tijeka ili spojnim objektom, grupe (*groupings*) za grupiranje objekata tijeka na način da se ne utječe na tijek njihovog izvođenja te bilješke (*annotations*).

Slijedi kratki opis grafičkih simbola BPMN-a popraćen slikama koje ih prikazuju. Natpisi su ostavljeni na engleskom jeziku jer je to jezik velike većine alata za modeliranje poslovnih procesa. Uz ove opise mogu se pratiti dijagrami u poglavljima 6, 7 i 8.

Događaji

Događaji su pojave koje se zbivaju tijekom obavljanja poslovnog procesa ili ga pak započinju ili završavaju. Svi događaji predočavaju se krugovima unutar kojih su oznake za specifičnu vrstu događaja. Tri osnovna događaja su:

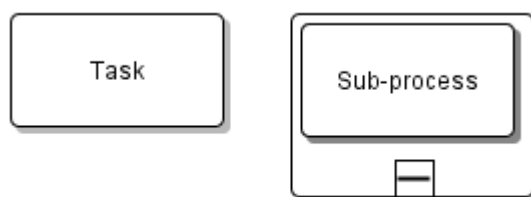
- početak (*start*) kojim započinje proces,
- unutarnji (*intermediate*) koji označava događaj koji se zbija tijekom odvijanja procesa i
- završetak (*end*) koji označava kraj obavljanja poslovnog procesa



Aktivnosti

Aktivnosti označavaju rad unutar poslovnog procesa. Aktivnosti mogu biti:

- jednostavne ili zadaća (*task*)
- složene ili potproces (*sub-process*), ako se sastoje od više drugih aktivnosti.



Grananja (Gateways)

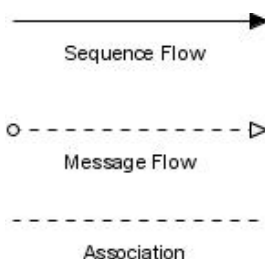
Grananja označavaju račvanje (*fork*) obavljanja aktivnosti u dva ili više tokova ili pak odluke (*decision*). U te simbole spadaju i oni kojima se označava objedinjavanje dvaju ili više razdvojenih tokova u jedan: združivanje (*join*) ako je uzrok razdvajanja bilo račvanje odnosno spajanje (*merge*) ako je uzrok razdvajanja bila odluka. Grananja mogu biti ekskluzivna i inkluzivna.



Spojni objekti

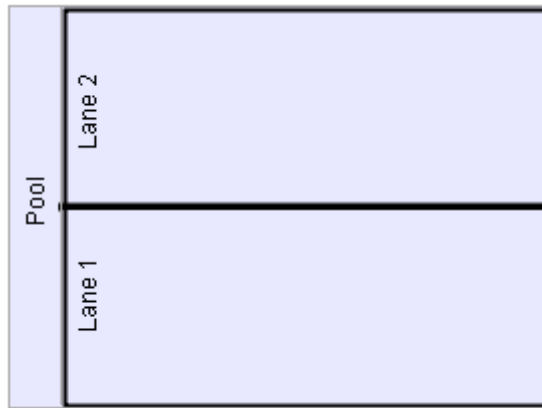
Spojni objekti međusobno spajaju tokovne objekte ili neke artefakte s tokovnim objektima:

- Sekvencijalni tokovi (*sequence flow*) označavaju redoslijed obavljanja aktivnosti.
- Tokovi poruka (*message flow*) označavaju izmjenu sadržaja između sudionika procesa (*process participants*)
- Pridruživanja (*associations*) dodjeljuju podatke, tekstualne opise i drugih artefakte odgovarajućim tokovnim objektima.



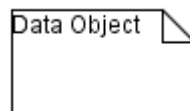
Spremnici

Spremnik sadrži sve elemente procesnog modela. Spremnik može sadržavati trake (*lanes*) koje služe vizualnoj organizaciji raznih aktivnosti u odgovarajuće kategorije. Tipično, traka označava ulogu zaduženu za obavljanje aktivnosti grupiranih u njenu traku.



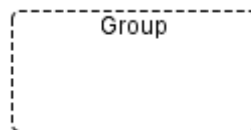
Podatkovni objekti

Podatkovni objekti služe informiranju o podacima ili materijalu koje aktivnost troši ili proizvodi.



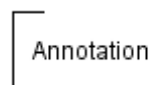
Grupiranje

Grupiranje je mehanizam vizualnog objedinjavanja procesa po nekom kriteriju koji nije uloga koja ih obavlja, što znači da ih se ne može grupirati u trake. Grupiranje je primarna dopuna BPD-a za prikaz mobilnosti, o čemu će biti više riječi u kasnijim poglavljima.



Bilješka

Bilješka služi za upis dodatnih objašnjenja o objektu.



3.3 Alati za modeliranje poslovnih procesa po BPM-u

Postoji više alata namijenjenih modeliranju poslovnih procesa po BPMN paradigmi. Nekima je to jedina funkcionalnost, primjerice alatu Intalio Designer, dok je drugima to tek temelj za razne nadgradnje, poput pogona za simulaciju obavljanja poslovnih procesa u alatu IBM WebSphere Business Modeler. Također, izvedba grafičkih simbola BPM-a često se ponešto razlikuje od alata do alata. Intalio Designer ima grafičke simbole posve jednake standardnom BPM-ovom postavu, dok IBM-ov Business Modeler ima vizualno ponešto drukčije riješenu BPM simboliku. Budući da se Business Modeler opsežno koristi u ovome radu, uz minimalnu uporabu Intalio Designera, potrebno je, radi neometanog praćenja dijagrama u poglavljima 7 i 8, ukratko spomenuti razlike između standardnog BPMN-a i njegove izvedbe u spomenutom IBM-ovom alatu.

- Ne postoji spremnik (*pool*) kao poseban simbol, nego je spremnik sve što se vidi na radnoj površini.
- Ne postoji grupiranje, nego se ono provodi bojanjem simbola za aktivnosti.
- Postoje 3 vrste grananja: jednostavna i višestruka odluka te račvanje, i posebni simboli za spajanje grananja: *Join* za račvanje te *Merge* za odluke. Detalji grananja opisuju se logičkim definicijama ulaza i izlaza.
- Za razliku od većine alata gdje se petlja, to jest opetovana aktivnost, označava dodatnom oznakom na simbolu za proces, Business Modeler ima posebne simbole za *For-Next*, *Do-While* i *While* petlju.

3.4 Jezici i sustavi za opis i izvršavanje poslovnih procesa

BPMN nije konačni doseg modeliranja poslovnih procesa. U sklopu BPM paradigme standardizirani su i načini opisivanja i obavljanja poslovnih procesa. Najpoznatiji takav standard jest *Business Process Execution Language For Web Services* (BPEL4WS ili, još kraće, BPEL) za čije je upravljanje zadužena organizacija OASIS.

Temeljna ideja BPEL-a (i BPMN-a) jest slijedeća: **BPD je uvijek moguće pretvoriti u BPEL i obratno**. Drugim riječima, ispravno napravljen dijagram poslovnih procesa treba uvijek biti moguće pretvoriti u BPEL skriptu koja će služiti nekom (procesnom) pogonu kao predložak za izvršavanje procesa kojeg ta skripta opisuje. Strukturalno, opis svakog procesa u BPEL-u sadrži:

- *Web Service Definition Language* (WSDL) datoteke namijenjene opisu programskog sučelja web servisa kojim se može pristupiti procesu, to jest koji utjelovljuje proces prema temeljnoj gore spomenutoj paradigmi BPM-a koja kaže da je svaki proces web-servis. Sadrže podatke o URL-u servisa, metodama i njihovim parametrima, formatu poruka kojeg web servis vraća, i tako dalje. Osim uporabe u BPEL-u, takav tip datoteka ima daleko širu uporabu u web tehnologijama općenito.
- BPEL datoteke, napisane u XML sintaksi, koje opisuju sam proces: glavne aktivnosti, varijable, upravljanje greškama, događajima, i slično.

BPEL je samo jedan, ali najpopularniji, od BPM jezika za opis i obavljanje poslovnih procesa.

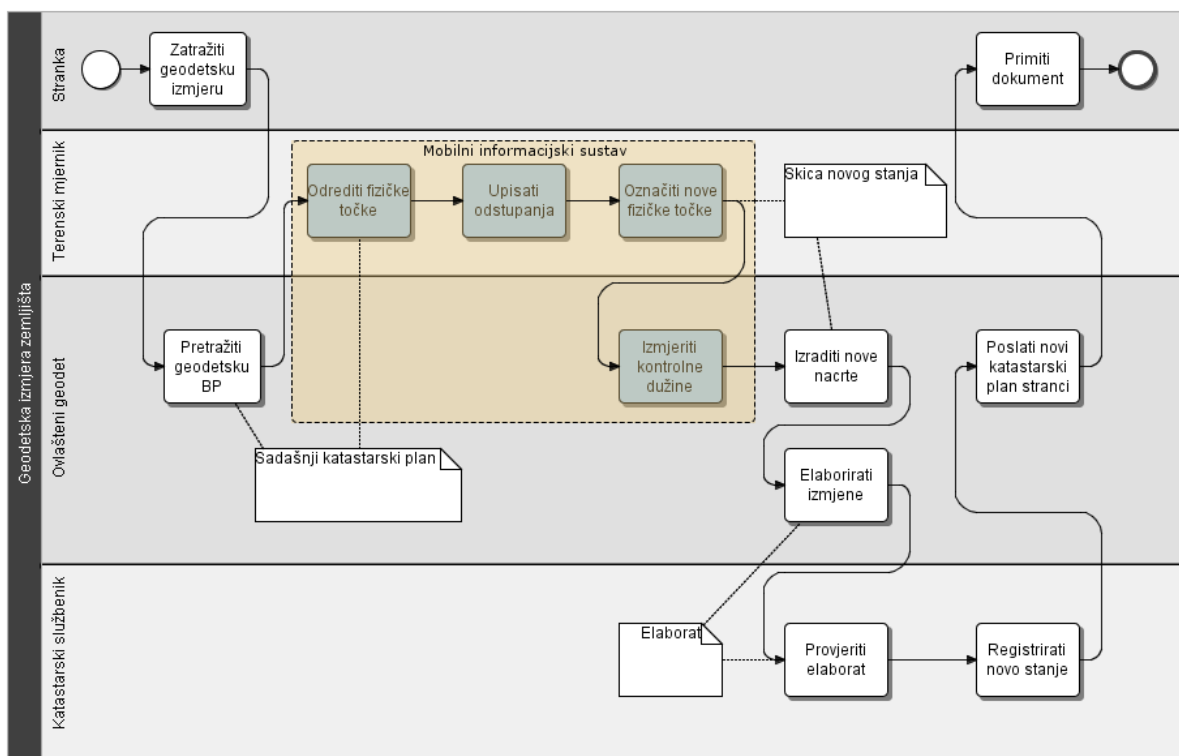
3.5 Problem modeliranja stacionarnih i mobilnih procesa

Osnovni BPMN standard ne predviđa nikakvo označavanje procesa prema mobilnosti. Ako se pak želi razviti metodika projektiranja mobilnih informacijskih sustava temeljena na BPM paradigmi, potrebno je imati opciju izrade BPD dijagrama kojima se može predočiti mobilnost aktivnosti i procesa, i to ne samo njihovim grupiranjem u trake, nego i na druge načine. Naime, grupiranje u trake može biti potrebno i za izražavanje drugih svojstava aktivnosti i procesa, najčešće uloge koja ih obavlja.

Prikaz dodatnih svojstava aktivnosti i procesa, pa tako i mobilnosti, spada u dopuštene prilagodbe i proširenja BPMN-a. U tu svrhu moguće je učiniti slijedeće dvije prilagodbe:

- Koristeći grupiranje, vizualno objediniti mobilne aktivnosti i potprocese u jednu cjelinu. Na taj način vizualizira se mobilni dio informacijskog sustava. Poželjno je i prostor unutar grupirajuće konture obojati specifičnom bojom. U primjeru na slici 3-2, mobilni dio IS-a vizualiziran je pomoću svijetlocrvene boje.
- Označiti mobilne aktivnosti i potprocese drukčijom bojom. Tako se oni dodatno vizualno izdvajaju od ostalih procesa. U primjeru na slici 3-2, mobilne aktivnosti i potprocesi označeni su svijetloplavom bojom

Dvije opisane prilagodbe samo su jedna od mogućih kombinacija za vizualizaciju mobilnih dijelova informacijskog sustava. Kombinacija je mnogo i svaki projektni tim može izabrati onu koja mu najbolje odgovara.



Slika 3-2: Dopuna BPMN-a za označavanje mobilnih aktivnosti i procesa

Gornjom slikom prikazana je vizualizacija mobilnih dijelova IS-a na primjeru zamišljenog rješenja za mobilnu potporu geodetskoj djelatnosti opisanoj u [14].

4 Osvrt na metode razvoja informacijskih sustava

Razvoj novog ili unapređenje postojećeg informacijskog sustava, zasnovanog na suvremenim informacijskim i komunikacijskim tehnologijama, je složeni postupak koji se odvija u više faza. U vrlo opsežnoj literaturi o razvoju informacijskih sustava ovaj je koncept postupnog faznog razvoja obuhvaćen pojmom **model razvoja IS-a** (*information systems development life cycle*). Izbor određenog modela razvoja i dosljedna primjena točno određenih koraka u razvoju informacijskog sustava posebno su dobili na značaju od kada je Software Engineering Institute (SEI) s Carnegy-Melon sveučilišta razvio Capability Maturity Model (CMM). U CMM-modelu s 5 razina⁷, povezuje se zrelost organizacije koja razvija softver, to jest njezina sposobnost razvoja programskih rješenja primjerenih potrebama korisnika, s razinom usvajanja određenog modela razvoja.

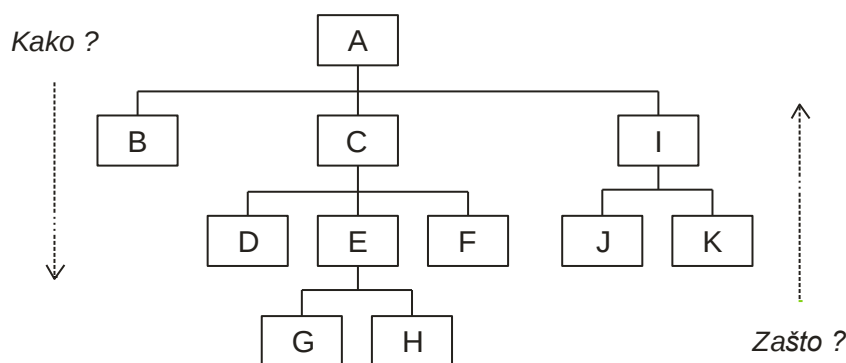
Različiti autori definirali su različite modele razvoja, s različitim brojem faza. Tako npr. Avison i Shah [4] govore o kontinuiranom planiranju IS-a i njegovom postupnom razvoju kroz 6 uzastopnih faza (*Feasibility study, Systems investigation, Systems analysis, Systems design, Implementation, Review and maintenance*) koje se mogu ciklički ponavljati. Druga skupina autora definirala je u [34] model sa šest razvojnih faza koje se moraju izvoditi točno u slijedu. To uspoređuju s tijekom vode preko kaskada, pa taj model simbolično nazivaju *waterfall model*. U svakom slučaju, svi modeli razvoja imaju neke iste značajke: razvoj IS-a je podijeljen u **faze** rada, pojedine se faze moraju izvoditi u točno određenom **slijedu**, a kod izvođenja zadataka u svakoj se fazi koriste određene **metode** ili tehnike. Ako su pojedine faze razvoja čvrsto definirane te se u svakoj od njih koriste točno definirane metode po propisanoj proceduri, onda se može govoriti o **metodici razvoja** informacijskog sustava.

Jedan od ciljeva ovog rada je postavljanje metodike za razvoj mobilnih informacijskih sustava. Pri tome se polazi od pretpostavke da u takvu metodiku mogu biti uključene i neke metode koje se koriste u razvoju klasičnih informacijskih sustava. Zato će u ovom poglavlju kratko biti opisane one metode i tehnike, korištene kod razvoja klasičnih informacijskih sustava, koje će u poglavlju 6 biti uključene u metodiku za razvoj mobilnih informacijskih sustava. Međutim, izbor iz skupa tih metoda je vrlo selektivan pa će u ovom poglavlju biti obrađene samo one metode koje se rijetko nalaze u literaturi: dekompozicija i matrična analiza. Za ostale metode koje se koriste u poglavlju 6, bez obzira jesu li strukturne, kao dijagram tokova rada ili ERA model, ili objektno orijentirane, kao objektnu klase, nasljeđivanje, use case, deployment diagram ili web-servisi, postoji opsežna literatura pa se one ovdje neće opisivati. Neke najvažnije reference za te metode biti će samo navedene u onim koracima metodike za razvoj mobilnih informacijskih sustava u kojima se predlaže njihovo korištenje.

Metoda dekompozicije jedna je od temeljnih metoda sustavnog pristupa razvoju informacijskog sustava, poznata iz teorije sustava. Prema [20] to je proces postupnog razlaganja sustava na manje složene komponente. Taj se postupak nastavlja preko više razina, sve dok se ne utvrde elementi čije daljnje razlaganje ne bi više bilo korisno, s obzirom na svrhu analize. Rezultat razlaganja grafički se prikazuje pomoću dekompozicijskog dijagrama ili strukturnog stabla, kao što je prikazano slikom 4-1. Pri tome se podrazumijeva

⁷ SEI CMM definira 5 razina „zrelosti“: (I) početna-svaki se projekt razvija na svoj način, (II) ponavljajuća-slični se projekti izvode na isti način, (III) definirana-koriste se normirani procesi razvoja za sve projekte, (IV) upravljana-procesi razvoja se mjere i (V) optimizirajuća-u procese razvoja uključena je prevencija grešaka i optimalizacija.

da svi elementi, bez obzira na kojoj se razini nalaze, pripadaju istom sustavu, to jest da su svi čvorovi strukturnog stabla istog tipa.



Slika 4-1: Dekompozicija procesa

Postupak dekompozicije može se kod projektiranja informacijskog sustava primijeniti na probleme, ciljeve, organizacijski ustroj i slično, ali se ona najčešće koristi radi utvrđivanja procesa i aktivnosti u nekom organizacijskom sustavu. Postupak se provodi tako da se razlažu poslovi, od sažetog opisa poslova (**A** na gornjoj) izvođenih u organizacijskom sustavu kao cjelini (što obično odgovara nazivu procesa na razini izvođenja) do pojedinačnih radnih koraka ili aktivnosti koje nema smisla dalje raščlanjivati s obzirom na svrhu analize. Pri raščlanjivanju posla, to jest pri crtanju strukturnog stabla odozgo prema dolje, dobro se služiti prilogom **kako**. Kako se obavlja, na primjer, posao **A** na slici 4-1? Odgovor na to pitanje daje sastavne komponente promatranog posla: posao **A** se izvršava tako da se izvedu poslovi **B**, **C** i **D**.

Rezultat dekompozicije poslova je popis onih radnih cjelina koje odgovaraju definiciji procesa iz poglavlja 3.1 te popis aktivnosti od kojih je taj proces sastavljen. Tako utvrđen popis procesa i aktivnosti treba provjeriti da li je kompletan i nema li nepotrebnih elemenata. Zbog toga je, nakon što je nacrtano strukturno stablo idući odozgo prema dolje, dobro provesti kontrolni postupak idući odozdo prema gore, uz korištenje odnosno-upitnog priloga **zašto**. Zašto se, na primjer, u organizacijskom sustavu izvede aktivnosti G i H sa slike 4-1? Ako je to nužno da bi se obavio posao E, onda su aktivnosti G i H zaista potrebne u sustavu.

Korištenjem uobičajene notacije iz teorije skupova rezultat dekompozicije se može zapisati kao $P_i(a_{ij})$, gdje je $i=1,..,n$ broj procesa a $j=1,..,m$ broj aktivnosti u organizacijskom sustavu. U skladu s tim može se ustanoviti da u zamišljenom primjeru sa slike 4-1 postoje četiri procesa (A,C,E,I) i 7 aktivnosti (B,D,G,H,F,J,K) a da se njihov odnos može zapisati na sjedeći način: $A(B,C,I)$; $C(D,E,F)$; $E(G,H)$ te $I(J,K)$. Ovdje valja napomenuti da je za element koji ulazi u strukturu nekog procesa, a sâm ima svoju vlastitu strukturu, uobičajen naziv **potproces**. Ta se konvencija koristi kod modeliranja poslovnih procesa.

Osim strukture procesa, strukturnim se stablom može prikazati ustroj većeg broja entiteta koji se pojavljuju kod projektiranja informacijskih sustava. Tako je, primjerice, organizacijska struktura poduzeća strukturno stablo u kojem se jedan element smije nalaziti samo na jednom mjestu jer jedna organizacijska jedinica može pripadati samo jednoj nadređenoj organizacijskoj jedinici. Nasuprot tome, sastavnica je strukturno stablo u kojem se jedan element smije naći na više različitih mjesta, pa je takvim strukturnim stablom zapravo prikazan mrežni ustroj.

Matrična analiza kod projektiranja informacijskih sustava koristi se onda kada treba na sistematičan način prikazati odnose između više nezavisnih skupova elemenata. Zbog preglednosti se uglavnom koriste dvodimenzionalne matrice, a najčešće se prikazuju sljedeći odnosi: odgovornost organizacijskih jedinica za procese, razmještaj organizacijskih jedinica po lokacijama, odnos aktivnosti i radnih mjesta te razmjena podatkovnih sadržaja između procesa. Dvodimenzionalnom matricom mogu se također prikazati odnosi između nezavisnih elemenata koji pripadaju istom skupu, ako su istovrsni elementi raspoređeni po obje matrične dimenzije. U tom slučaju matrica prikazuje ili strukturno stablo (što se koristi za formalni zapis organizacijskog ustroja) ili mrežnu strukturu (na primjer, za formalni opis sastavnice). Najbolji primjer, kojim se mogu prikazati sve mogućnosti primjene matrične analize kod projektiranja informacijskih sustava, odnosi se na formalni opis poslovne tehnologije (u smislu kako je taj pojam definiran u poglavlju 3.1) pomoću **matrice procesa i klasa podataka** (MPK) prikazane slikom 4-2.

Klase po- dataka Procesi	K_1	K_2	...	K_j	...	K_n
P_1						
P_2						
$\vdots$						
P_i				$a_{i,j}$		
$\vdots$						
P_m						

Slika 4-2: Matrica procesa i klasa podataka

MPK je dvodimenzionalna matrica u čijim se redovima nalaze poslovni procesi. Ako ti procesi pripadaju istom organizacijskom sustavu, onda oni tijekom izvođenja međusobno razmjenjuju neke sadržaje ili su tim sadržajima povezani. Iako ti sadržaji mogu biti različitog oblika (materijalni, podatkovni, financijski, dokumentacijski, i tako dalje) uzima se da su svi opisani na isti način nekim skupom podataka, koji se općenito naziva **klasom podataka**. Sve klase podataka koje postoje u nekom sustavu upisati će se u stupce MPK matrice.

Klase podataka ulaze u neke procese ili iz njih izlaze. Drugim riječima, proces se može smatrati transformacijskim mehanizmom koji obrađuje ulazne klase podataka i pretvara ih u izlazne i obratno - klase podataka mogu se promatrati kao način povezivanja poslovnih procesa. Proces može imati na ulazu jednu ili više klasa podataka, a zbog svoje aktivne prirode može stvoriti jednu ili više novih klasa podataka. U zatvorenom sustavu svaka klasa podataka ima ishodište i odredište u nekom od procesa sustava, a ako je to uređeni organizacijski sustav, onda neka klasa podataka može nastati u samo jednom procesu.

Vrijednost svakog pojedinog polja u MPK pokazuje postoji li odnos između procesa i klasa podataka te opisuje vrstu tog odnosa. Ako između i -tog procesa i j -te klase podataka nema nikakvog odnosa, vrijednost koeficijenta $a_{i,j}=0$. Ako i -ti proces stvara j -tu klasu podataka (to jest, ona iz njega izlazi) onda je $a_{i,j}=C$. Na kraju, ako i -ti proces čita, ažurira ili briše j -tu klasu podataka, onda će se to zapisati tako da koeficijent $a_{i,j}$ redom poprими vrijednosti R ili U ili D . Na ovaj način opisani su poslovni procesi nekog organizacijskog sustava i veze između njih odnosno određena je cjelovita poslovna tehnologija analiziranog organizacijskog sustava.

Iz teorije sustava je poznato da je ovako definiranom matricom opisan sustav kao skup elemenata i njihovih veza. Na temelju takve matrice sustav se može predočiti grafički u ravnini, tako da procesi predstavljaju čvorove mreže, klase podataka sadržaje koje procesi razmjenjuju, a koeficijentima su određeni putovi kojima procesi razmjenjuju te sadržaje.

Matrični način opisa poslovne tehnologije daje neke dodatne pogodnosti pri analizi poslovnih procesa organizacijskog sustava. Prije svega, nad matricom kao strogo matematičkom formom mogu se lako postaviti i kontrolirati neka pravila koja vrijede za poslovne procese u organizacijskim sustavima. Navodimo dva najvažnija:

- Ako je sustav organizacijski uređen i zatvoren, onda sve klase podataka moraju nastati u sustavu i moraju biti namijenjene barem jednom procesu. To znači da u svakom stupcu MPK mora biti upisan samo jedan koeficijent s vrijednostima C i D , ali može postojati više koeficijenata s vrijednostima R i U .
- S obzirom da svaki proces u sustavu ima svrhu postojanja i mora imati neke ulazne vrijednosti da bi ih transformirao u izlazne, onda se u MPK to vidi tako da u svakom retku mora postojati barem jedan koeficijent s vrijednošću R i barem jedan koeficijent s vrijednošću C .

Preglednost kao druga prednost matričnog prikaza poslovne tehnologije dolazi do izražaja to više što je sustav veći. Grafički prikaz je pregledniji od matričnog za male sustave koji imaju do 10 procesa. Međutim, za realne organizacijske sustave koji imaju 30 i više procesa te 50 i više klasa podataka, ta se preglednost potpuno gubi, a kontrola logičke konzistentnosti sustava, u smislu udovoljavanja prethodno navedenim i sličnim pravilima, je izuzetno teška.

Treća i najveća prednost matričnog prikaza, koja je posebno važna kod velikih sustava, je mogućnost da se provede grupiranje procesa u više manjih podsustava, s kojima se dalje ide u projektiranje i razvoj informacijskog sustava. U literaturi i u praksi je to poznati problem određivanja optimalne arhitekture IS-a, čiji bi dijelovi (ili podsustavi) trebali biti moduli s maksimalnom unutrašnjom kohezijom i minimalnom vanjskom povezanošću. Pronalaženje takvih modula temelji se na postupcima grupiranja (*clustering*) procesa prema kriteriju njihove povezanosti klasama podataka. Takvi postupci provode se nad MPK, vrlo su složeni i temelje se na algoritmima afiniteta ili genetičkim algoritmima. Daljnje istraživanje ove problematike prelazi okvire ovog rada, ali ih je autor proveo tijekom poslijediplomskog studija te su opisani u radu [13].

Na kraju se može zaključiti: pronalaženje poslovnih procesa u organizaciji i matrični prikaz poslovne tehnologije nužni su koraci u analizi objektnog sustava i polazište za sljedeće faze modeliranja poslovnih procesa i projektiranja klasičnog informacijskog sustava, a metode dekompozicije i MPK prema kojima se ti koraci izvode su sastavni dijelovi metodike razvoja mobilnih informacijskih sustava koja će biti prikazana u 6. poglavlju ovog rada.

5 Mobilni informacijski sustavi

U ovom poglavlju bit će definirani pojmovi vezani za mobilnost tehnologija i procesa te opisane specifičnosti mobilnih informacijskih sustava. Analizirat će se razne klasifikacije mobilnosti procesa prema promjenjivosti lokacije, pokretljivosti korisnika i drugim parametrima. Bit će dan uvid u dosadašnje prijedloge metodika prepoznavanja mobilnih procesa i projektiranja mobilnih informacijskih sustava s naročitim naglaskom na predstavljanje dobrih i loših strana dosadašnjih pristupa tim problemima. Ta saznanja, zajedno sa opisanim specifičnostima te činjenicama izraženim u ranijim poglavljima, bit će temelj prijedloga cjelovite metodike projektiranja mobilnih informacijskih sustava predstavljene u 6. poglavlju.

5.1 Definicije pojmova vezanih uz mobilnost

Pokretljivost korisnika

Pokretljivost korisnika je pojam kojim se opisuje korisnikova mogućnost djelotvorne uporabe stolnog ili prijenosnog računala odnosno nužnost korištenja dlanovnika na radnom mjestu. Glede pokretljivosti, korisnik može biti stacionaran ili mobilan.

Korisnik je **mobilan** ako je pri obavljanju posla fizički pokretan te stoga u nemogućnosti djelotvornog korištenja stolnog ili prijenosnog računala.

Ako korisnik pri obavljanju posla nije fizički pokretan te jest u mogućnosti djelotvornog korištenja stolnog ili prijenosnog računala, onda je **stacionaran**.

Iako se radi o subjektivnim kategorizacijama, može se reći da je korisnik mobilan ako pri obavljanju posla ne može koristiti "pravo" računalo jer posao obavlja "s nogu". Ako korisnik ima "sjedilački" posao, onda je on ili ona stacionaran.

Primjeri:

- Trgovački putnik, patronažna sestra ili kućna liječnica su stacionarni korisnici stoga što, iako putuju s jednog mjesta obavljanja posla na drugo, na samim tim mjestima nisu fizički pokretni jer tamo u pravilu mogu koristiti stolno ili barem prijenosno računalo.
- Skladištar, šumar, terenski geodet, poštar ili kućni dostavljač robe su mobilni korisnici stoga što im na mjestima obavljanja njihovih poslova u pravilu nije moguće praktično koristiti stolno ili prijenosno računalo, nego su "osuđeni" na dlanovnike.

Promjenjivost lokacije

Promjenjivost lokacije je pojam kojim se opisuje predvidivost korisnikovog mjesta obavljanja posla. Lokacija može biti postojana ili nepostojana.

Lokacija je **nepostojana** ako mjesto obavljanja posla ima jedno ili oba slijedeća svojstva:

- Nepredvidivo je ili slabo predvidivo.
- Preveliko je da bi se radnika u njemu moglo lako pronaći bez korištenja telekomunikacijskih ili navigacijskih uređaja.

Lokacija je **postojana** mjesto obavljanja posla ima jedno ili oba slijedeća svojstva:

- Predvidivo je.
- Dovoljno je male površine da se radnika u njemu može lako pronaći bez korištenja telekomunikacijskih ili navigacijskih uređaja.

Primjeri:

- Lokacija trgovačkog putnika je nepostojana stoga što je slabo predvidiva kako klijentela trgovačkog putnika, tako i njihova sjedišta ili mjesta poslovnih razgovora s tom klijentelom.
- Lokacija bankovnog službenika je postojana stoga što je stalna i samim tim sasvim predvidiva.
- Skladištareva lokacija je postojana stoga što, iako može biti prilično velika, u pravilu jest predvidiva u smislu da ju skladištar tijekom posla ne napušta te da unutar nje može biti lako pronađen bez uporabe telekomunikacijskih uređaja.
- Šumareva lokacija je, za razliku od skladištareve, u pravilu nepostojana stoga što, iako donekle predvidiva, jest prevelika da bi se šumara moglo lako pronaći tamo bez uporabe telekomunikacijskih uređaja.
- Kućni dostavljač robe, poštari, terenski geodeti, patronažna medicinska sestra ili kućna liječnica također su primjeri ljudi koji svoj posao obavljaju na nepostojanoj lokaciji.

Mobilne aktivnosti i procesi

Mobilna aktivnost je svaka radna aktivnost koju ili obavlja mobilni korisnik, ili se obavlja na nepostojanoj lokaciji, ili oboje. Mobilni proces je svaki proces koji sadrži barem jednu mobilnu aktivnost. Tablicom 5-I prikazana je matrica kategorizacije mobilnih aktivnosti.

Tablica 5-I: Matrica kategorizacije mobilnih aktivnosti

Nepostojana	Aktivnost 3 (djelomično mobilna)	Aktivnost 4 (potpuno mobilna)
Postojana	Aktivnost 1 (stacionarna)	Aktivnost 2 (djelomično mobilna)
Dinamika lokacije Pokretljivost aktera	Stacionaran	Mobilan

Djelomično mobilne aktivnosti su one u kojih je korisnik stacionaran ili lokacija postojana. Potpuno mobilne aktivnosti su one u kojih je korisnik mobilan i lokacija nepostojana. Vrsta računalne potpore mobilnim aktivnostima jest funkcija tih tipova mobilnosti procesa. Stoga matrica kategorizacije mobilnih aktivnosti prikazana tablicom 5-I ima potencijalno veliko značenje za projektante i izvođače mobilnih informacijskih sustava jer ukazuje na tehnologiju – softver i hardver – koju valja koristiti kao potporu odgovarajućim tipovima mobilnih aktivnosti. Ta pitanja posebno su razmotrena u kasnijim poglavljima ovog rada.

Povezanost sa središnjim IS-om

Svaka mobilna aktivnost obavlja se u kontekstu povezanosti sa središnjim IS-om. Ta povezanost može biti povremena ili stalna. Ako je povezanost stalna, onda mobilna aktivnost uvijek izravno, u realnom vremenu, obavlja dohvat i ažuriranje podataka na središnjem IS-u. Stoga se način rada korištenjem stalne povezanosti naziva spojeni (*on-line*) rad, a takve aktivnosti – spojene aktivnosti. Ako je povezanost povremena, onda mobilna aktivnost obavlja dohvat i ažuriranje podataka iz posebnog, na mobilni uređaj izdvojenog skupa.

Osvježavanje tog skupa podacima središnjeg IS-a te obratan postupak, osvježavanje podataka na središnjem IS-u podacima prikupljenima ili obrađenima na terenu, odvija se periodički, prema pravilima poslovnog sustava i mogućnostima mobilnog korisnika, a ne u realnom vremenu. Stoga se način rada korištenjem povremene povezanosti naziva otspojeni (*off-line*) rad, a takve aktivnosti – otspojene aktivnosti. Vrsta veze mobilnog korisnika sa središnjim IS-om ne utječe na kategorizaciju aktivnosti, ali ima iznimno veliko značenje za projektiranje, arhitekturu te softversku i hardversku izvedbu MobIS-a o čemu će više riječi biti u poglavlju 7.

Nakon svega izrečenog, može se postaviti općenita opisna definicija mobilnog korisnika kao osobe čije profesionalne zadaće mogu biti obavljene samo u mobilnom okruženju koje odlikuje pokretljivost korisnika i nedostatak ožičene telekomunikacijske infrastrukture.

5.2 Specifičnosti mobilnih informacijskih sustava

Pri obavljanju mobilnih aktivnosti, poželjna je računalna potpora. Za stacionarne aktivnosti, tu potporu daje klasični IS. No, klasični IS nije prilagođen mobilnom radu stoga što ne može osigurati računalnu potporu na mjestu izvođenja same mobilne aktivnosti. Zato je potrebno uvesti mobilni informacijski sustav (MobIS) kao podsustav klasičnog IS-a namijenjen djelotvornoj računalnoj potpori mobilnim aktivnostima. MobIS odlikuju određene specifičnosti koje su ovim potpoglavljem podrobnije obrađene. Da bi se te specifičnosti mogle pojasniti, potrebno je prvo precizno definirati mobilni informacijski sustav na deskriptivni i genetički način. Osnova za te definicije jest definicija klasičnog IS-a navedena u 1. poglavlju ovog rada.

Deskriptivna definicija MobIS-a glasi:

Mobilni informacijski sustav je dio organizacijskog sustava namijenjen prikupljanju, pohrani, pretrazi, obradi i distribuciji podataka i onda kada se te funkcije obavljaju kroz mobilne aktivnosti, to jest kada ih obavljaju ili mobilni korisnici, ili korisnici na nepostojanim lokacijama, ili oboje.

Usporedba funkcionalnosti klasičnog IS-a i MobIS-a može se prikazati poredbenom tablicom 5-II.

Tablica 5-II: Usporedba funkcionalnosti klasičnog IS-a i MobIS-a

	Informacijski sustav (IS)	Mobilni informacijski sustav (MobIS)
Prikupljanje podataka	Da, stacionarno.	Da, mobilno.
Pohrana podataka	Da, stacionarno.	Da, mobilno.
Pretraga podataka	Da, stacionarno.	Djelomična. Ograničeniji set podataka manje detaljnosti.
Obrada podataka	Da, stacionarno.	Da, mobilno.
Distribucija podataka	Da, stacionarno.	Djelomična. Samo za operativnu razinu.

MobIS ima iste funkcionalnosti kao i IS, samo što su neke od njih ograničenijeg opsega zbog radnih uvjeta mobilnog korisnika i tehničkih razloga.

Genetička definicija MobIS-a glasi:

Mobilni informacijski sustav je podsustav organizacijskog IS-a čija je zadaća na operativnoj razini podržati mobilne procese s ciljem unapređenja sveukupne, stacionarne i mobilne, operativne djelotvornosti te ostvarenja boljeg upravljanja i odlučivanja. Povećanjem operativne djelotvornosti i ažurnosti, MobIS skraćuje vrijeme reakcije sustava pri upravljačkim odlukama.

Na primjer, poboljšanje upravljanja i skraćivanje vremena reakcije sustava može se ilustrirati primjerima obnove skladišnih zaliha ili obavljanjem procesa otpreme. Za oba slučaja, mobilna tehnologija omogućuje trenutno ažuriranje stvarnog stanja bilo koje robe na bilo kojoj lokaciji. Zbog toga je i evidencija ukupnog stanja i rasporeda svake robe uvijek ažurna. Na osnovi tih informacija, kao i povijesti kretanja stanja i rasporeda robe, mogu se pravovremeno obnoviti skladišne zalihe bilo koje robe bez poslovnog rizika da će te zalihe ikada biti ispražnjene te da će kupac zato otići konkurenciji ako mu zatreba roba koje je na skladištu ponestalo. Pri otpremi robe, MobIS trenutno izvještava skladištara o lokacijama i količinama na lokacijama one robe koju treba izuzeti sa skladišta i otpremiti. Osim toga, za otpremu više komada robe po jednom dokumentu MobIS može skladištaru preporučiti optimalnu putanju prikupljanja robe kroz skladište te na taj način dodatno ubrzati cijeli proces što u konačnici rezultira bržom isporukom, većim odrađenim opsegom posla u istom vremenu i većim zadovoljstvom krajnjeg korisnika.

Obje definicije MobIS-a, deskriptivna i genetička, zapravo su proširenja odgovarajućih definicija klasičnog IS-a eksplicitnim dodatkom o podršci mobilnim aktivnostima na mjestu njihovog obavljanja. Stoga se na osnovu navedenih definicija može postaviti opća razlikovna definicija MobIS-a u odnosu na klasični IS:

Za razliku od klasičnog IS-a gdje je računalna potpora aktivnostima koje provode korisnici uvijek na stacionarnom mjestu, bile te aktivnosti stacionarne ili mobilne. Drugim riječima, rezultat aktivnosti se računalno uvijek bilježi na stacionarnom mjestu, bilo da se aktivnost odvija "u pokretu" ili stacionarno. Nasuprot tome, u mobilnim informacijskim sustavima računalna potpora za mobilne aktivnosti uvijek se pruža na mjestu izvođenja aktivnosti.

Računalna potpora mobilnim aktivnostima po slijedećim se stavkama razlikuje od računalne potpore klasičnim aktivnostima:

- Specifični, "ne-uredski" uvjeti rada mobilnog korisnika.
- Skromnije mogućnosti mobilnih uređaja, naročito prikaza podataka.
- Izvedba povezivanja MobIS-a sa središnjim IS-om.

Problematika računalne potpore u ovisnosti o navedenim pojmovima detaljnije je obrađena u kasnijim poglavljima ovog rada, no za obradu problematike projektiranja MobIS-a treba se već sada osvrnuti na pitanje veze MobIS-a prema središnjem IS-u.

Veza prema središnjem IS-u je pojam koji opisuje povezanost mobilnog uređaja kojega koristi mobilni korisnik sa računalima odnosno računalno-komunikacijskom mrežom središnjeg IS-a. Ta veza može biti povremena ili stalna. Povezanost se može ostvariti bežičnim putem, korištenjem bežične ili telekomunikacijske mreže, ili žičanim povezivanjem mobilnog uređaja sa središnjim IS-om, to jest računalom priključenim na njega.

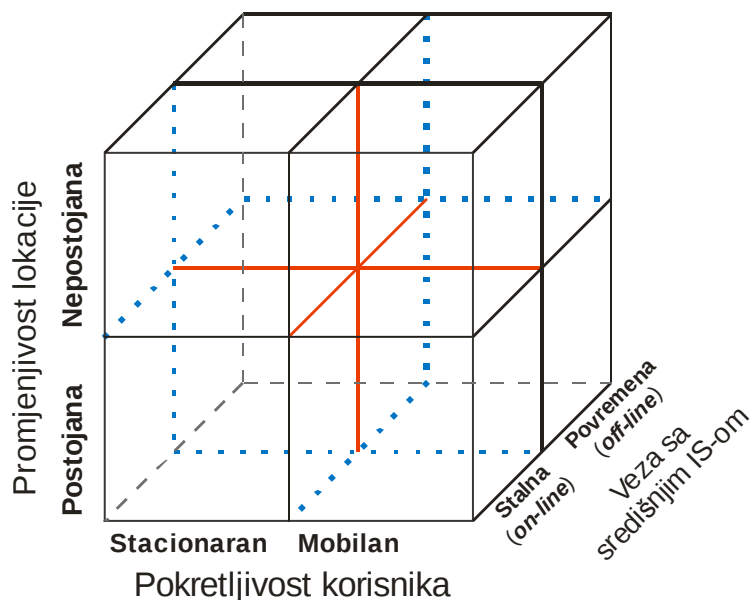
Prema vrsti veze sa središnjim IS-om razlikuju se dva glavna načina rada mobilnih korisnika i njihovih uređaja: spojeni (*on-line*) i otpojeni (*off-line*). Ako je veza mobilnog korisnika sa središnjim IS-om stalna, onda on može raditi u spojenom načinu. Ako je ta veza povremena, onda mobilni korisnik može raditi samo u otpojenom ili, eventualno, hibridnom načinu rada.

Sinkronizacija podataka između mobilnog uređaja i središnjeg IS-a označava akciju kojom dva sudionika – mobilni korisnik i središnji IS – obostrano informiraju jedan drugoga o ažurnom stanju podataka. Pri spojenom radu, sinkronizacija se obavlja trenutno. Pri odspojenom radu, sinkronizacija se obavlja povremeno, kada mobilni korisnik uzmogne ostvariti vezu sa središnjim IS-om. Sinkronizacija podataka zapravo je niz transakcija. **Mobilna transakcija** je ona u koju je uključen barem jedan mobilni korisnik.

Izbor načina rada mobilnih korisnika – spojeni ili otpojeni – spada u najbitnije odluke pri izradi MobIS-a. Parametri nužni za ispravno donošenje te odluke i opis tehničke potpore svakom od tih načina rada detaljnije su opisani u kasnije. Radi nastavka definiranja osnovnih pojmova vezanih za mobilnost potrebno je napomenuti samo najosnovnije činjenice o tim načinima rada:

- Stalna veza mobilnog korisnika i njegovog uređaja sa središnjim IS-om, odnosno spojeni rad, je ideal izgradnje MobIS-a stoga što omogućuje trenutno ažuriranje središnjeg IS-a podacima prikupljenim i obrađenim na terenu od strane mobilnog korisnika. No, taj ideal nije uvijek dostižan zbog zemljopisnih, prometnih, infrastrukturno-telekomunikacijskih i, općenito, tehničkih razloga.
- Povremena veza mobilnog korisnika i njegovog uređaja sa središnjim IS-om, odnosno otpojeni ili hibridni rad, koriste se onda kada nije moguće ostvariti stalnu vezu sa središnjim IS-om ili je takva veza previše nepouzdana ili nesigurna. Ažuriranje središnjeg IS-a podacima prikupljenim ili obrađenim na terenu od strane mobilnog korisnika obavlja se u trenucima fizičkog dolaska mobilnog korisnika i njegovog mobilnog uređaja u domet računalne ili telekomunikacijske mreže središnjeg IS-a. Mehanizam sinkronizacije podataka između mobilnog korisnika i središnjeg IS-a tehnički je znatno složeniji za izvedbu nego u otpojenom radu.

Način rada mobilnih korisnika sam po sebi ne utječe na klasifikaciju mobilnosti aktivnosti i procesa definiranu u ovom poglavlju i kategoriziranu tablicom 5-I. No, budući da se radi o iznimno važnom parametru za tehničko ostvarenje MobIS-a, potrebno ga je uzeti u obzir već pri ranim fazama projektiranja. U tom smislu, matrica kategorizacije aktivnosti prikazana tablicom 5-I može se proširiti trećom dimenzijom, načinom rada, što je prikazano slikom 5-1.



Slika 5-1: Trodimenzionalna matrica kategorizacije mobilnih aktivnosti

U trodimenzionalnoj matrici kategorizacije aktivnosti vidljiva je složenost računalne i informatičke potpore MobIS-u koja raste od prednjeg donjeg lijevog kvadranta dijagonalno prema stražnjem gornjem desnom kvadrantu. Osim toga, svakoj aktivnosti, stacionarnoj djelomično ili potpuno mobilnoj može se uporabom ove matrice dodijeliti i način provođenja, spojeni ili otspojeni, korištenjem računalne potpore te tako imati trenutni uvid u ukupnu složenost računalno-informatičke potpore za MobIS.

5.3 Dosadašnji razvoj metodika projektiranja MobIS-a

Metodike modeliranja poslovnih procesa dobro su poznate i široko primijenjene u projektiranju klasičnih informacijskih sustava, no njihova primjena za projektiranje mobilnih informacijskih sustava još je u povojima. Do sada su se identifikacijom mobilnih procesa bavili Volker i Grün [28], Grün i Kohler [40], Valiente i Van der Heijden [65] te Grün i Book [28].

Volker i Grün izumili su svoju metodiku za identifikaciju mobilnih procesa i aktivnosti nazvavši ju *Mobile Process Landscaping*. Ta metodika temelji se na dekompoziciji organizacijskih procesa u 4 koraka pri čemu već u prvom koraku započinje traganje za mobilnim procesima. Konačna identifikacija mobilnih procesa postiže se tek u zadnjem koraku promatrajući tokove poruka između lokacijski odvojenih procesa. Metoda je složena za uporabu. Opsežno razmatra mobilnost u uvjetima nepostojanosti lokacije izvođenja procesa, ali manje pažnje obraća na mobilnost korisnika koji te procese provode.

Valiente i Van der Heijden težište identifikacije mobilnih procesa i aktivnosti stavljaju na promatranje mobilnosti korisnika koji provode procese. U svojoj metodici tragaju za procesima u kojima aktivnosti mobilnih i stacionarnih korisnika razmjenjuju tokove odluka i koordinacije, smatrajući ih primarnim kandidatima za mobilni informacijski sustav. Nedostaje im formalizirani pristup jer koriste P-graf umjesto pravog BPM dijagrama te obrada graničnih slučajeva u kojima korisnik može unutar iste uloge biti i mobilan i stacionaran.

6 Raspoznavanje mobilnih procesa

Projektiranje i izvedba svakog IS-a, pa tako i mobilnog informacijskog sustava, u smislu kako je MobIS definiran u poglavlju 5 je složen i dugotrajan posao. Taj se posao ne može obaviti samo na temelju intuicije ili iskustva pojedinačnih projektanata, već na temelju neke teoretski zasnovane i empirijski provjerene metodike. Za projektiranje klasičnih informacijskih sustava koristi se danas veći broj metodika kratko i pregledno prikazanih u prethodnim poglavljima. Za projektiranje i razvoj mobilnih informacijskih sustava takve metodike još nema te će biti predložena u ovom radu. Njezin je radni naslov **Raspoznavanje mobilnih procesa** (kraće RMP) i trebao bi podsjećati na jedan od ključnih koraka njezine provedbe⁸.

Prije detaljnijeg izlaganja RMP metodike valja definirati neke terminološke pojedinosti. Riječ **metodika** koristiti će se u njezinom izvornom značenju te će značiti "način svrhovitog rješavanja praktičnih problema"⁹. S obzirom da je projektiranje MobIS-a složen posao, u ovom će se radu smatrati da se metodika primjenjuje izvođenjem više koraka po točno određenom redoslijedu. Za izvođenje svakog od tih koraka može se koristiti jedna ili više različitih metoda. Pri tome će se pod metodom podrazumijevati "postupak koji pomaže ostvarenju željenog rezultata u nekom praktičnom poslu ili znanstvenom istraživanju"¹⁰.

U smislu prethodnih definicija ovdje predložena **metodika RMP** se može odrediti kao **skup metoda, povezanih u točno određeni slijed te namijenjenih projektiranju i razvoju mobilnih informacijskih sustava**. Većina od tih metoda se već dulje koristi u informacijskim znanostima dok su neke osmišljene i predložene u ovom radu. Osnovne zamisli RMP metodike za projektiranje i razvoj mobilnih informacijskih sustava su:

- Rano uočavanje mobilnih procesa i aktivnosti, iz skupa svih procesa i aktivnosti nekog objektnog sustava, prije početka detaljnog modeliranja poslovnih procesa
- Strogo formalno definiranje i opisivanje mobilnih procesa i aktivnosti korištenjem općenito prihvaćenog industrijskog standarda za modeliranje poslovnih procesa u skladu s normom BPMN [15]
- Precizno utvrđivanje temeljne arhitekture MobIS-a te informacijskih i komunikacijskih tehnologija za njegovu izgradnju, ovisno o okolnostima u kojima će se koristiti mobilni informacijski sustav, s obzirom na dostupnost središnjih podatkovnih resursa
- Povezivanje metodike za projektiranje i razvoj MobIS-a s metodikama za projektiranje i razvoj klasičnih informacijskih sustava, jer je mobilni informacijski sustav gotovo uvijek sastavni dio (ili podsustav) nekog sveobuhvatnijeg IS-a.

Predložena metodika ima ukupno 18 koraka te se može smatrati dopunom metodike za projektiranje i razvoj klasičnog IS-a. U ovom je poglavlju metodika RMP objašnjena slikom, tablično i opisno. S obzirom da je projektiranje i razvoj MobIS-a samo po sebi složeni poslovni proces, to je i metodika njegovog projektiranja i razvoja na slici 6-1 prikazana metodom modeliranja poslovnih procesa (*Business Process Modeling* – **BPM**).

⁸ U engleskom bi se ova metodika mogla zvati **Mobile Proces Recognition** (ili kraće MPR)

⁹ V. Anić: „Veliki rječnik hrvatskog jezika“, Novi Liber, Zagreb, 2006.

¹⁰ Također prema „Velikom rječniku hrvatskog jezika“

6.1 Grafički i opisni prikaz metodike

Standardni simboli i konstrukti BPM-a se na slici 6-1 koriste s neznatno promijenjenim značenjima. Pojedini koraci metodike su prikazani kao poslovni procesi. Slijed koraka prikazan je strelicama. Natpisi nad strelicama predstavljaju ulaze i ishode pojedinih koraka metodike. Metode prikladne za neki korak, primjerice *Dekompozicija* ili *ERA*, upisane su na slici ispod simbola za radne korake. Podatkovni objekti, na primjer Popis radnih mjesta, predstavljaju informacijske sadržaje koji su potrebni za metodu korištenu u nekom koraku, ali se korištenjem ne troše.

U sljedećim potpoglavljima ovog poglavlja opisano je svih 18 pojedinačnih koraka predložene metodike. Tekstualni opis metodike najbolje je čitati uz istovremeno praćenje slike 6-1 na kojoj je redni broj koraka usklađen s rednim brojem potpoglavlja u tekstu koji slijedi. Sinteza predložene metodike po koracima¹¹ i korištenim metodama prikazana je u tablici 6-I.

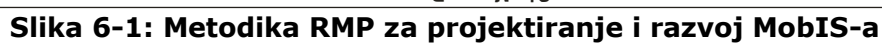
Korak 1: Utvrditi procese i aktivnosti

Prvi korak u primjeni metodike raspoznavanja mobilnih procesa odnosi se na posao **Utvrditi procese i aktivnosti poslovnog sustava**. Za provedbu te zadaće koristi se *metoda dekompozicije* [36]. Rezultat postupka provedenog u ovom koraku je hijerarhijski uređen **Popis procesa i aktivnosti** u analiziranom organizacijskom sustavu, koji mora biti prikazan dekompozicijskim dijagramom. U matematičkom smislu, taj dijagram je aciklički usmjereni graf poznatiji kao strukturno stablo (*structure tree*).

Razlaganje ili dekomponiranje se provodi tako da se za svaki posao koji se obavlja unutar analiziranog objektnog sustava – poduzeća, javne službe ili općenito organizacije – počevši od njegove temeljne djelatnosti, odgovara na pitanje "Kako se promatrani posao provodi?" Dosljedni odgovori na tako postavljena pitanja dati će potpuni popis procesa i aktivnosti čijim se izvođenjem ostvaruje temeljna djelatnost analiziranog organizacijskog sustava. Ovo se pitanje ponavlja za svaki od procesa s tog popisa tako dugo dok se ne dođe do potrebne razine detaljnosti. Potrebna razina detaljnosti je ona pri kojoj elementi dekompozicije odgovaraju definiciji procesa ili definiciji aktivnosti, odnosno elementarnog radnog koraka kojeg nema smisla dalje razlagati.

Definicija poslovnog procesa detaljno je razmotrena u poglavlju 1 ovog rada, a ovdje ćemo je nadopuniti definicijom radnog koraka. **Radni korak** je takva aktivnost koja ima sve osobine procesa, poput ulaza, izlaza, trajanja i potrebnih resursa, osim što ne mora izravno ostvariti neki cilj od značaja za krajnjeg korisnika te se uz raspoložive tehničke resurse može obaviti u jednom koraku. Željena razina detaljnosti dekompozicijskog postupka ne mora uvijek niti po svakoj grani dekompozicijskog stabla biti radni korak. Naime, isti skup aktivnosti, u istom redoslijedu, može se javljati više puta u poslovnom sustavu. U takvom slučaju, prihvatljivo je čitav takav skup promatrati kao jedan potproces kojeg se može zasebno dekomponirati samo na jednom mjestu, prema koncept koji je poznat kod takozvane sklopne sastavnice.

¹¹ Ovdje valja razlikovati pojam **korak** koji se odnosi na jedan segment metodike RMP, od pojma **radni korak** koji se odnosi na elementarnu aktivnost (tj. na aktivnost koju dalje nije potrebno razlagati ili dekomponirati) a koristiti će se kod modeliranja poslovnih procesa organizacijskog sustava.



Prednost dekompozicijske metode je njena jednostavnost, slikovitost i razumljivost širokom krugu ljudi, napose poslovnim stručnjacima. Zato je ona vrlo pogodna za korištenje tijekom prve faze analize postojećeg stanja poslovnih procesa koja se provodi kroz suradnju s budućim korisnicima za koje treba obaviti posao projektiranja MobIS-a ili projektiranja IS-a općenito.

Korak 2: Pridružiti uloge aktivnostima

U slijedećem koraku metodike raspoznavanja mobilnih procesa potrebno je **Pridružiti uloge aktivnostima** dobivenim u prethodnom koraku. Postupak se provodi metodom *analize resursa*. Tom metodom se, temeljem Popisa radnih mjesta na slici 6-1 prikazanim kao podatkovni objekt, za svaku aktivnost dobivenu prethodnim korakom određuju potrebni izvršitelji koji će ju obavljati. Takvi izvršitelji određene aktivnosti, bez obzira na njihova druga svojstva ili zaduženja u organizaciji, nazivaju se uloge. Kod modeliranja poslovnih procesa, uloge se smatraju određenom vrstom resursa za koje se podrazumijeva da se upotrebom u aktivnostima troši, iako resurs može biti na raspolaganju u ograničenom ili neograničenom opsegu. Rezultat ovog koraka je **Popis procesa i aktivnosti** nadopunjen podacima o ulogama koje ih obavljaju. Za daljnje projektiranje MobIS-a potrebno je:

- Modelirati tokove aktivnosti organizacijskog sustava. To je moguće na temelju rezultata prethodnih koraka, u kojima su pronađenim aktivnostima pridružene uloge koje ih obavljaju.
- Klasificirati aktivnosti prema mobilnosti na mobilne i stacionarne, prema definicijama u poglavlju 5 ovog rada.

Korak 3: Izraditi BPD

Slijedeći korak metodike je prikazan blokom **Izraditi BPD** (*Business Process Diagram*). Za izradu BPD-a koristi se metoda *modeliranja poslovnih procesa* (BPM) detaljnije opisana u poglavlju 4. Postupak modeliranja i notacija koja se pri tome koristi moraju biti u skladu s BPM normom [15]. Ovim se korakom metodika projektiranja i razvoja mobilnih procesa uključuje u opće priznate i standardne metode procesnog modeliranja.

Pri izradi BPD-a za neki stvarni organizacijski sustav, nužno je, pored poslovnih procesa, poznavati također i poslovne stavke koje stvaraju, troše ili razmjenjuju modelirani poslovni procesi. Bitna razlika između poslovne stavke i resursa je u tome što se poslovna stavka ulazom u proces ili aktivnost ne troši, za razliku od resursa koji se troši. Rezultat ovog koraka jest **BPD** promatranog poslovnog sustava gdje su aktivnostima dodijeljene odgovarajuće uloge koje su pak prikazane kao staze (*swimlanes*) dijagrama.

Korak 4: Izraditi DP matricu

Paralelno s izradom BPD-a, potrebno je **Izraditi DP matricu aktivnosti**, za sve poslovne aktivnosti dobivene u prvom koraku. Metoda *DP matrica* (dinamika lokacije/pokretljivost korisnika) nije poznata u literaturi, već je nastala kao rezultat istraživanja autora vezanih uz ovaj rad. Metoda se koristi da bi se odredile vrijednosti za tri atributa svake aktivnosti, kojima je određena njezina pozicija u odnosu na tri najvažnija fenomena povezana s mobilnošću: **pokretljivost korisnika** (tijekom obavljanja aktivnosti), **dinamika lokacije** (na kojoj se obavlja analizirana aktivnost) i vrsta **veze sa središnjim IS-om** (za onu aplikaciju kojom se

podržava mobilna aktivnost). Ovi se odnosi mogu prikazati pomoću trodimenzionalnog matričnog prikaza kao na slici 5-1. Iz slike se vidi da svaka aktivnost može biti smještena u jednom od 8 potprostora, a njezina svojstva mogu po svakoj osi koordinatnog sustava poprimiti sljedeće vrijednosti:

- **Dinamika lokacije** može biti: postojana (P) ili nepostojana (N)
- **Pokretljivost korisnika**, koji može biti: stacionaran (S) ili mobilan (M)
- **Veza sa središnjim IS-om**: stalna (V) ili povremena (O)

Za svaku se aktivnost najprije određuje prvo i drugo svojstvo te joj se sukladno tome dodjeljuje kombinacija prvih dviju vrijednosti atributa: <P,S>, <P,M>, <N,S> ili <N,M>.

Ako neka aktivnost ima vrijednost prvih dvaju atributa <P,S> ona se nikako ne može smatrati mobilnom i za nju se preporuča razvoj klasičnog informacijskog sustava. Aktivnosti s kombinacijama atributa <P,M>, <N,S> i <N,M> smatraju se mobilnima, pri čemu vrsta mobilnosti određuje hardversku opremu korištenu u njegovoj izgradnji, što će biti detaljnije objašnjeno u poglavlju 7.

U sljedećem polukoraku se svakoj mobilnoj aktivnosti dodjeljuje atribut koji označava vrstu veze sa središnjim IS-om tijekom njezinog obavljanja. Moguće kombinacije su: <P,M,V>, <N,S,V>, <N,M,V> te <P,M,O>, <N,S,O>, <N,M,O>. Vrsta veze za središnjim IS-om sama po sebi ne utječe na mobilnost aktivnosti (što je obrazloženo u poglavlju 5 te vidljivo iz naziva metode u kojem nema kratice za vezu), ali je iznimno značajna za arhitekturu i softversku izvedbu MobIS-a o čemu će također biti riječi u poglavlju 7.

Za daljnje predstavljanje metodike za projektiranje i razvoj mobilnih procesa nužno je na ovom mjestu naznačiti što, zapravo, donosi prethodna klasifikacija:

- Ako je korisnik mobilan (M), pri radu će mu trebati dlanovnik. Prijenosno ili stolno računalo ne može podržati mobilnog korisnika.
- Ako je korisnik stacionaran (S), u što su uključeni i korisnici koji svoj posao obavljaju iz vozila (poput viličara u skladištu ili automobila u policijskoj ophodnji) pri radu će moći koristiti prijenosno ili uklopljeno (*embedded*) računalo.
- Postojana lokacija (P) implicira korištenje bežične mreže IEEE 802.11x tipa za vezu između mobilnog korisnika i središnjeg informacijskog sustava. U većini slučajeva, postojanost lokacije implicira mogućnost stalne veze (vrijednost trećeg atributa je V) korisnika sa središnjim IS-om, odnosno spojeni (*on-line*) rad.
- Nepostojana lokacija (N) implicira povremenu vezu (vrijednost trećeg atributa je O) sa središnjim informacijskim sustavom to jest otpojeni (*off-line*) rad, što znači da je potrebno koristiti sinkronizacijske mehanizme između mobilnog uređaja i središnjeg IS-a. Ako se pri nepostojanoj lokaciji ipak obavlja spojeni rad, onda se veza između mobilnog uređaja i središnjeg IS-a u pravilu ostvaruje putem neke komercijalne mobilne komunikacijske mreže opisane u poglavlju 2.

Rezultat ovog koraka jest **DP matrica** kategorizacije aktivnosti u kojoj je svaka aktivnost, utvrđena u prvom koraku, kategorizirana prema dinamici lokacije i pokretljivosti korisnika (kraće: prema mobilnosti) te joj je dodijeljen atribut kojim se razjašnjava vrsta njezine veze sa središnjim informacijskim sustavom.

Korak 5: Dopuniti BPD radi prikaza mobilnosti

Nakon izrade **BPD**-a za cijeli poslovni sustav te kategorizacije njegovih aktivnosti uz korištenje *DP matrice*, potrebno je, u nastavku koraka 3, **Dopuniti BPD** tako da se na modelu procesa jasno označe i grupiraju sve mobilne aktivnosti. Mobilnim aktivnostima smatraju se one koje, u skladu s kriterijima koji su definiranim DP matricom, mogu za attribute dinamika lokacije i mobilnost korisnika dobiti vrijednosti $\langle P, M \rangle$ ili $\langle N, S \rangle$ ili $\langle N, M \rangle$.

U ovoj metodici predlažemo da se sve mobilne aktivnosti na cjelovitom BPD-u posebno označe na način opisan u poglavlju 4.2:

- grupirajućim objektom obuhvatiti sve mobilne aktivnosti, a područje unutar grupiranja označiti drugom bojom
- posebnom bojom označiti mobilne aktivnosti

Na taj se način BPD objekt za grupiranje pretvara u poseban simbol s točno određenom semantikom: vidljivo označiti i grupirati sve mobilne aktivnosti nekog složenog procesa za koje će se u daljnjem projektiranju i razvoju MobIS-a koristiti specifični i nešto drugačiji postupci nego za projektiranje i razvoj programske podrške u klasičnom informacijskom sustavu.

Predloženo označavanje i grupiranje mobilnih spada u prilagodbe dopuštene normom za BPM i dozvoljeno je prema odredbama iz poglavlja 2.1.3 *Extensibility of BPMN and Vertical Domain* u [15]. Također, grupirajući objekt je po toj normi već uvršten u skup dozvoljenih simbola i njegovo korištenje preporuča za bilo koji općenit način grupiranja aktivnosti.

U ovom su koraku korištene dvije metode: standardna metoda BPM i specifična metoda označavanja aktivnosti korištenjem DP matrice. Rezultat koraka je **dopunjeni BPD** (kraće: **dBPD**) s jasno označenim i grupiranim mobilnim aktivnostima iz skupa svih aktivnosti.

Korak 6: Izraditi model podataka

Izraditi korporativni model baze podataka idući je korak metodike raspoznavanja mobilnih procesa. U tom koraku, primjenom *ERA metode* i *metode relacijskog modeliranja*, a na temelju **dBPD-a**, gradi se logički podatkovni model poslovnog sustava. Teorijski i praktični aspekti logičkog modeliranja baze podataka opisani su u opsežnoj literaturi, primjerice [17] i [16], i podržani brojnim programskim alatima te se ovdje neće dalje razmatrati. Rezultat korištenja tih metoda je **ERA model** i **relacijski model (RM)** baze podataka.

Ovim korakom završava se modeliranje poslovnih procesa u organizacijskom sustavu i otkrivanje mobilnih procesa i aktivnosti. Za izgradnju MobIS-a i IS-a općenito, do ovog koraka učinjeno je slijedeće:

- Definirani su aktivnosti (proces i radni koraci) poslovnog sustava.
- Definirane su uloge kao specifičan oblik resursa i pridružene aktivnostima.
- Određen je stupanj mobilnosti svake definirane aktivnosti.
- Izrađen je model svih procesa (mobilnih i stacionarnih) poslovnog sustava i opisana njihova međusobna interakcija te eventualno međudjelovanje s vanjskim svijetom.
- Izrađen je relacijski model podataka poslovnog sustava te su definirane relacijske sheme s nad kojima rade svi procesi tog sustava, mobilni i stacionarni.

- Određivanjem stupnja mobilnosti svake aktivnosti određene su konture koje grupiraju mobilne komponente i stvaraju od njih kandidate za razvoj MobIS-a.
- Omogućeno je selektiranje onih relacijskih shema iz kompletnog modela podataka nad kojima će raditi programske procedure MobIS-a.

Nakon šestog koraka metodike grana se daljnji razvoj informacijskog sustava u dva smjera :

- Prema izgradnji klasičnog, stacionarnog IS-a. Za projektiranje i razvoj takvih informacijskih sustava razvijeno je više strukturnih i objektnih metodika preglednog navedenih u ranijim poglavljima. Ta grana ovdje neće biti pobliže razmatrana a na slici 6-1 zbirno je obuhvaćena blokom **Razviti klasični IS**.
- Prema izgradnji MobIS-a. Ta grana će se dalje razrađivati u sljedećim koracima metodike raspoznavanja mobilnih procesa.

Korak 7: izabrati podatke za mobilne procedure

U idućem koraku metodike, na temelju **BPD-a** te **ERA** i **RM-a** za cijeli organizacijski sustav, treba označiti one dijelove ERA modela odnosno dijelove relacijskog modela podataka koji će biti potrebni za rad mobilnih procedura. Ovaj postupak selekcije se izvodi pomoću *matrice procesa i klasa podataka (MPK)*, na način predviđeno u IBM-ovom metodikom *Business System Planning* [36], ali s određenim dopunama značenja MPK matrice. Redovi matrice će predstavljati aktivnosti organizacijskog sustava, stupci će biti relacijske sheme s kojima će raditi programske komponente koje podržavaju pojedine aktivnosti, a u polja matrice će se upisivati oznake C (*Create*), R (*Read*), U (*Update*) i D (*Delete*) za opis interakcije između aktivnosti i podatkovnih struktura. Na takvoj cjelovitoj matrici treba u ovom koraku označiti mobilne aktivnosti koje su određene u koraku 5 te od svih relacijskih shema identificirati one koje su u interakciji s označenim mobilnim aktivnostima. Na taj će se način izdvojiti u zasebne potskupove mobilni elementi BPD-a i oni dijelovi RM-a nad kojima će se razvijati mobilne programske procedure. Ovi selektirani elementi su ovdje uvjetno nazvani ***mobilni BPD (Mob BPD)*** i ***mobilni RM (Mob RM)*** te će se koristiti u daljnjem razvoju MobIS-a.

Korak 8: Razlučiti procedure za spojeni i otpojeni rad

Nakon izdvajanja mobilnog dijela BPD-a i podatkovnih struktura nad kojima će se razvijati mobilne procedure (***Mob RM***), postupak izrade MobIS-a račva se na dvije grane:

- Izrada komponenti MobIS-a za podršku onim mobilnim aktivnostima koje će, zbog tehničkih uvjeta u komunikacijskoj mreži, morati povremeno i privremeno raditi na otpojeni (*off-line*) način.
- Izrada komponente MobIS-a za podršku onim mobilnim aktivnostima koje stalno mogu raditi na spojeni (*on-line*) način.

Komponente za ovakav paralelni razvoj moguće je odabrati na temelju klasifikacije koja je provedena u koraku 5 kada je na mobilnom dijelu modela poslovnih procesa za svaku aktivnost označena vrsta veze prema središnjem informacijskom sustavu. To označavanje provedeno je dodjeljivanjem atributa čije su vrijednosti odabrane s treće dimenzije DP matrice. Iznimno je važno ispravno prepoznavanje spojenih i otpojenih dijelova MobIS-a, stoga što je za izradu svakog od njih potrebno drukčije postaviti softversku i hardversku arhitekturu rješenja.

Pri spojenom načinu rada, mobilni korisnik može, korištenjem mobilne aplikacije, u realnom vremenu ažurirati bazu podataka na podatkovnom serveru središnjeg IS-a podacima koji su prikupljeni ili obrađeni "na terenu", bez obzira bilo to na postojećoj ili nepostojećoj lokaciji. Glavne prednosti spojenog rada jesu:

- Podaci u bazi podataka središnjeg IS-a su uvijek ažurni i dostupni svim korisnicima, uključivo i mobilnima.
- Nema potrebe za sinkronizacijom podataka prikupljenih ili obrađenih na terenu s podacima na središnjem IS-u.

S druge pak strane, takav način rada ima i slijedeće nedostatke:

- Potrebna je visoka raspoloživost bežične, a ponekad i širokopojasne, veze između mobilnih uređaja i središnjeg podatkovnog servera.
- Potrebno je zaštititi komunikacijski kanal između mobilnih korisnika i središnjeg IS-a, kako bi se spriječile slučajne ili namjerne smetnje i upadi u informacijski sustav.
- Spojeni način rada uzrokuje na današnjim računalima zamjetno brže trošenje baterija.

Mobilni program za spojeni rad izvodi se kao tanki klijent (*thin client*) što znači da njegova funkcionalnost, prema paradigmi troslojnog aplikacijskog modela (*three-tiered application*), obuhvaća samo prikazni sloj. Načini izvedbe takvog programa uzrokuju daljnje račvanje ove grane metodike raspoznavanja mobilnih procesa što će biti detaljnije obrađeno u koraku 12.

Pri otpojenom radu mobilna aplikacija ažurira podatke na središnjem IS-u samo povremeno, kada se mobilni korisnik nađe u dometu bežične mreže ili kada fizički dođe na mjesto gdje su smješteni računalni resursi središnjeg informacijskog sustava. Glavne prednosti otpojenog rada jesu:

- Mobilni korisnik može raditi i onda kada njegov uređaj nije povezan sa središnjim informacijskim sustavom ili je ta veza privremeno prekinuta.
- Sigurnosni rizici su manji zbog toga što nema bežičnog prijenosa podataka između mobilnih korisnika i središnjeg informacijskog sustava.

Nedostaci otpojenog rada su slijedeći:

- Potrebno je uvesti mehanizme sinkronizacije podataka prikupljenih ili obrađenih na terenu s podacima na središnjem IS-u te definirati postupke rješavanja konflikata koji mogu nastati ako su različite mobilne preslike istih podataka obrađivali različiti korisnici.
- Podaci na središnjem podatkovnom serveru nisu ažurni u realnom vremenu, nego u periodima sinkronizacije podataka.

Dva najvažnija pitanja pri otpojenom načinu rada su rješavanje sinkronizacije podataka između mobilnog korisnika i središnjeg IS-a te propisivanje perioda te sinkronizacije. To će biti detaljnije obrađeno u koraku 12 ove metodike.

Korak 9: Oblikovati bazu podataka za mobilne uređaje

Tijekom sljedećeg koraka u grani razvoja MobIS-a za spojeni način rada potrebno je oblikovati bazu podataka za mobilne uređaje na temelju specifikacija za mobilni dio BPD-a i identificiranih podatkovnih struktura na kojima će raditi programske procedure na mobilnim uređajima. Logičko modeliranje baze podataka koja će biti smještena na mobilnim uređajima

provodi se korištenjem uobičajenih metoda oblikovanja baza podataka (ERA-modeliranje i relacijsko modeliranje), ali je pri tome potrebno poznavati ograničenja baza podataka za mobilne uređaje, poput nedovoljnog memorijskog prostora ili nedostatka pohranjenih procedura, privremenih tablica, sigurnosnih postavki, i tako dalje.

Najvažnije specifičnosti oblikovanja "vrlo malih baza podataka" (*Very Small Data Base design*) kao što su: razumijevanje svih aspekata mobilnosti, uvažavanje aplikacijskog konteksta u kojem će se koristiti male baze podataka i funkcionalne posebnosti mobilnih uređaja, temeljito su obrađene u radu [8]. Prema spoznajama autora tog rada, ova tri aspekta determiniraju specifično VSDB okruženje koje traži uvođenje treće, tzv. logističke (poslije konceptualne i logičke) faze u poslovima oblikovanja i razvoja malih baza podataka koje će biti smještene na mobilnim uređajima.

Provedbom ovog koraka predložene metodike dobiva se fizički model baze podataka za mobilne uređaje, na slici 6-1 označen kao **Mob BP**.

Korak 10: Podesiti sinkronizacijske mehanizme

Za one komponente MobIS-a koje će se koristiti u otspojenom načinu rada treba omogućiti sinkronizaciju podataka između mobilnog korisnika i središnjeg IS-a koristeći standardne postupke rada i upravljanja bazama podataka. Proces sinkronizacije podataka naziva se replikacija i mora biti podržan od baze podataka središnjeg IS-a. Replikacija je detaljno objašnjena u radovima [59] i [12], a ukratko funkcionira na sljedeći način:

- Središnja baza podataka je izdavač (*publisher*) koji objavljuje publikaciju koja sadrži podatke namijenjene mobilnoj bazi podataka. Publikacija ne obuhvaća kompletan sadržaj središnje baze podataka, nego samo neke relacije (redukcija), samo neke attribute unutar relacija (projekcija) i samo neke zapise (selekcija) što omogućava da se sa središnjeg podatkovnog servera na mobilni uređaj prebacuju samo oni podaci koji su potrebni mobilnom korisniku za njegov terenski posao.
- Izdavač definira pretplatnike i stvara pretplate. Pretplatnici su svi oni mobilni uređaji s kojih je dozvoljeno pokrenuti replikaciju.
- Replikacija se pokreće s mobilnog uređaja i njome se dvosmjerno sinkroniziraju podaci između pretplatnika i izdavača.

Nadalje, u MobIS-u za otspojeni rad je iznimno važno ispravno odrediti period sinkronizacije podataka između mobilnog uređaja i središnjeg podatkovnog servera. Ako je taj period preveliki, pokreće se slijedeći niz nepovoljnih događaja:

- Preveliko ukupno vrijeme odziva središnjeg sustava uzrokuje
- predugo vrijeme obavljanja mobilnog procesa. To dovodi do
- presporog odziva prema krajnjem korisniku, što konačno rezultira
- nezadovoljstvom krajnjeg korisnika.

Ako pak je period sinkronizacije premali, često spajanje sa središnjim informacijskim sustavom uzrokuje preveliki utrošak ljudskih ili računalnih resursa. To znači da mobilni korisnik prečesto mora gubiti vrijeme na pokretanje sinkronizacije, odnosno na dolazak na mjesto s kojeg je moguće ostvariti sinkronizaciju. Pri tome se troši previše računalnih resursa na mobilnim uređajima i radnog vremena mobilnog korisnika, a može značiti i povećanje transportnih troškova radi odlaska na lokaciju s koje je moguće uspostaviti pouzdanu vezu.

U postupku projektiranja MobIS-a potrebno je za svaku mobilnu aktivnost odrediti odzivna vremena: najveće dopušteno i poželjno.

- Najveće dopušteno vrijeme jest ono za koje se procjenjuje da neće pokrenuti slijed prije navedenih nepovoljnih događaja koji bi na kraju izazvali nezadovoljstvo krajnjeg korisnika. Mobilni uređaji i aplikacije namijenjene otspojenom radu trebaju biti kapacitirani tako da mogu samostalno raditi u trajanju jednakom najvećem dopuštenom vremenu odziva procesa koje podržavaju.
- Poželjno vrijeme je zapravo optimalno vrijeme reagiranja sustava i znači takav period sinkronizacije koji nije prevelik s obzirom na moguće nepovoljne događaje, ali niti ne stvara prevelike troškove. Mobilne korisnike treba poticati da osvježavaju podatke na mobilnim uređajima, odnosno sinkroniziraju ih s podacima na središnjem podatkovnom serveru, u periodima jednakim poželjnom vremenu reagiranja sustava.

Konačni ishod ovog koraka metodike raspoznavanja mobilnih procesa jest **programski kod (Prog Kod)** za uspostavljanje replikacije na strani središnjeg IS-a te **opis replikacije** (URI računala preko kojega se provodi replikacija i drugo) kako bi se ona mogla pokretati s mobilnih uređaja.

Korak 11: Izraditi program za otspojeni mobilni rad

Nakon svih prethodno provedenih aktivnosti te izrade **opisa replikacije**, može se **izraditi izvršni program za otspojene mobilne aktivnosti**, najbolje metodom *objektno orijentiranog programiranja (OOP)*, pri čemu je cjelokupni izbor alata za taj poduhvat opisan u poglavlju 2.6 ovog rada. Mobilni program za spojeni rad izvodi se kao samostalni izvršni *smart device* program što znači da njegova funkcionalnost, prema paradigmi troslojnog aplikacijskog modela (*three-tiered application*), obuhvaća prikazni, poslovni i podatkovni sloj (*presentation layer, business logic layer i data access layer*). Postupci razvoja objektno orijentiranih programa opisani su opsežnoj literaturi i spadaju u temeljna znanja i vještine informatičkih stručnjaka pa se ovdje neće dalje o tome raspravljati. Rezultat ovog koraka je **mobilna aplikacija (Mob App)** spremna za instalaciju na mobilne uređaje i probni rad.

Nakon ovog koraka, izlazni rezultati aktivnosti na izradi programskih komponenti za otspojeni način rada pridružiti će i uskladiti s rezultatima aktivnosti izrade programskih komponenti za spojeni način rada. Na slici 6-1 to je prikazano zajedničkim spremištem pod nazivom **Repozitorij programskog koda**.

Korak 12: Izabrati način izvedbe programa za spojeni rad

Programske komponente za spojeni način rada mogu se izvesti na dva načina:

- Kao mobilna web aplikacija prilagođena prikazu na mobilnim uređajima ili
- Kao izvršni *smart device* program

Prednosti mobilne web aplikacije su velike. Takvu aplikaciju nije potrebno instalirati na mobilne uređaje pa stoga nema rizika da mobilni korisnici rade sa zastarjelom verzijom programa stoga što su propustili instalirati novu verziju. Svaka nova verzija aplikacije izdaje se smještanjem na središnji aplikacijski HTTP server te je sigurno da mobilni korisnici uvijek

koriste isključivo najsvježije izdanje programa. Više o razvoju mobilnih web aplikacija rečeno je u koraku 13 predložene metodike.

S druge pak strane, mobilnom web aplikacijom ne može se uvijek osigurati optimalna potpora mobilnim aktivnostima. Ako su poslovni procesi pri kojima se primjenjuje mobilna tehnologija takvi da mobilna aplikacija mora imati pristup sklopovlju mobilnog uređaja, primjerice čitaču prugastog koda integriranom u mobilni uređaj ili RFID sklopovlju, onda se programska komponenta MobIS-a ne može temeljiti na web tehnologijama, nego je potrebno razviti izvršni *smart device* program. Više o razvoju web aplikacija za spojeni način rada opisano je u koracima 14 i 15.

Korak 13: Izraditi web aplikaciju za spojene mobilne aktivnosti

Mobilna web aplikacija izrađuje se slično kao i web aplikacija namijenjena prikazu na stolnim ili prijenosnim računalima te ima istovjetnu osnovnu arhitekturu. Programski kod takve aplikacije smješten je na središnjem serveru. Programsko sučelje prikazuje se klijentu kao web stranica, korištenjem HTML-a ili WML-a, ovisno o tome što podržava mobilni uređaj kojim mobilni korisnik pristupa web aplikaciji. Mogućnost otkrivanja (*profiling*) osobina mobilnog uređaja danas je ugrađena u HTTP protokol te ju podržava većina razvojnih okolina. Na primjer, u razvojnoj okolini .NET Framework se podatak o tome da li je neki uređaj mobilan može dobiti aktiviranjem slijedećem koda:

```
Request.Browser.IsMobileDevice();
```

Stoga je ovaj korak predložene metodike, opisan blokom **Izraditi web aplikaciju za spojene mobilne aktivnosti** na slici 6-1, najbolje izvesti korištenjem metodike *objektno orijentiranog programiranja (OOP)*, uz pretpostavku da su poznate ulazne vrijednosti **Mob BPD** i **Mob RM**. To je relativno jednostavan i rutinski postupak pa tako izgrađen MobIS predstavlja tehnički najjednostavniji slučaj podrške mobilnim aktivnostima.

Konačni ishod ovog koraka je dakle programski kod mobilne aplikacije (**Prôg kod**), spreman za generiranje prikaza programskog sučelja na mobilnim uređajima.

Korak 14: Izraditi servis za mobilni pristup središnjem IS-u

Ako podršku mobilnim aktivnostima za spojeni način rada treba osigurati izvršnim *smart device* programom zbog razloga opisanih u koraku 12, onda za takav program treba **Izraditi servis za mobilni pristup središnjem IS-u** na temelju ulaznih specifikacija **Mob BPD** i **Mob RM**. Taj servis ima sljedeće uloge:

- predstavlja jedinstvenu pristupnu točku prema središnjem IS-u
- posreduje između središnjeg IS-a i središnje baze podataka te mobilnog svijeta
- provodi poslovna pravila po kojima se izvodi poslovni proces korištenjem mobilnih uređaja.

Više je razloga za takav pristup, a ne za izravnu vezu svakog mobilnog uređaja sa središnjim informacijskim sustavom i središnjom bazom podataka:

- ostvaruje se samo jedna točka mobilnog pristupa središnjem IS-u što je dobro zbog logističkih i sigurnosnih razloga
- središnja baza podataka zaštićena je od izravnog dodira sa okolinom

- procesorski i memorijski resursi mobilnih uređaja rasterećeni su jer ne provode većinu poslovnih pravila po kojima se izvodi mobilna aktivnost
- manje je opterećen komunikacijski kanal između središnjeg IS-a i mobilnih uređaja, jer se njime prenose podaci prethodno obrađeni važećim poslovnim pravilima

Servis za mobilni pristup mobilnog uređaja središnjem informacijskom sustavu najčešće se izvodi kao web servis, primjenom metoda *objektno orijentiranog programiranja (OOP)*. Tipičan primjer takvog mobilnog pristupa prikazan je također u radu [12].

Rezultat ovog koraka metodike raspoznavanja mobilnih procesa jest **programski kod (Prog kod)** servisa smješten na središnjem aplikacijskom serveru IS-u te **opis servisa** (URI, popis metoda i njihovih parametara, i tako dalje) neophodan za daljnji razvoj MobIS-a.

Korak 15: Izraditi izvršni program za spojene mobilne aktivnosti

Izvršni program za potporu mobilnim aktivnostima koje će se izvoditi u spojenom načinu rada razvija se metodama *objektno orijentiranog programiranja (OOP)* nakon što je poznat **opis servisa** preko kojega će taj program komunicirati sa središnjim informacijskim sustavom. Postupci razvoja objektno orijentiranih programa slični su kao i u koraku 11, spadaju u temeljna znanja i vještine informatičkih stručnjaka pa se ovdje ne razmatraju. Funkcionalnost tog programa obuhvaća, prema paradigmi troslojnog aplikacijskog modela (*three-tiered application*) samo prikazni sloj (*presentation layer*), dok je poslovni i podatkovni sloj sadržan u servisu čija je izrada opisana u prethodnom koraku.

Izlazni rezultat ovog koraka je mobilna aplikacija (**Mob App**) spremna za instalaciju na mobilne uređaje i probni rad. Nakon ovog koraka će se programske komponente za spojeni način rada pridružiti komponentama za otspojeni način rada razvijenima u koraku 11. Na slici 6-1 to je prikazano zajedničkim spremištem pod nazivom: Repozitorij programskog koda.

Korak 16: Pokrenuti mobilne aplikacije

Sve komponente MobIS-a razvijene u koracima 11, 13, 14 i 15 predložene metodike spajaju se u ovom koraku. Pojedine komponente nastale su u različitim koracima zbog razlike u tehničkoj izvedbi MobIS-a ili njegovih komponenti. Kako god MobIS bio izveden, kao web aplikacija ili izvršni *smart device* program za spojene ili otspojene mobilne aktivnosti, u ovom se koraku verificira ta izvedba pokretanjem mobilne aplikacije na mobilnim računalima. Takvo se pokretanje izvodi na jedan od dva moguća načina:

- Ako je MobIS ostvaren kao o web aplikacija, ona se pokreće jednostavnim pristupanjem odgovarajućem URL-u kroz internetski preglednik mobilnog uređaja;
- Ako je MobIS izveden kao izvršni *smart device* program, onda taj program treba instalirati na svaki mobilni uređaj koji će biti uključen u MobIS.

Ovaj se korak izvodi, dakle, nakon što su u prethodnim koracima završene i testirane sve komponente mobilne aplikacije, što je naznačeno ulazom **Mob App** u ovaj blok na slici 6-1.

Uspješan završetak tog radnog koraka znači da su realizirane sve mobilne komponente informacijskog sustava. Nakon toga mogu započeti pripreme za usklađeni rad cijelog IS-a, u kojem će se ostvariti suradnja između njegovih mobilnih i stacionarnih komponenata.

Korak 17: Instalirati programske komponente na radna računala

U ovom koraku, na aplikacijski server ili radne stanice središnjeg IS-a instaliraju se:

- programske komponente stacionarnog informacijskog sustava i
- one programske komponente MobIS-a koje se pokreću sa središnjeg IS-a.

Izvedba ovog koraka za programske komponente stacionarnog IS-a ovisi o tehnologiji u kojoj su te komponente napravljene. Na primjer, ako je u njihovoj izradi korištena web tehnologija, komponente se smještaju na web server. Ako se radi o izvršnom programu, onda ga treba instalirati na sva radna računala s kojima radi osoblje koji će se služiti aplikacijom. U oba slučaja treba postaviti bazu podataka na jedan ili više aplikacijskih servera.

Ako su komponente MobIS-a izvedene kao mobilna web aplikacija opisana u koraku 13, nju treba smjestiti na web server. Ako su komponente MobIS-a izvedene kao izvršni program za spojeni rad, onda servis preko kojega taj program pristupa središnjem IS-u treba smjestiti na aplikacijski server.

Ako su komponente MobIS-a izvedene kao izvršni program za otpojeni rad, onda je postupak nešto složeniji. Na jedno ili više računala središnjeg IS-a treba instalirati program za povezivanje mobilnih uređaja sa stolnim računalom (primjerice Microsoft ActiveSync). U središnjoj bazi podataka treba postaviti procedure namijenjene sinkronizaciji podataka na mobilnim uređajima s podacima u središnjoj bazi podataka, a na jednom serverskom računalu središnjeg IS-a treba podesiti neki servisni program, najčešće HTTP server (poput Microsoftovog IIS-a) kao posrednika pri toj sinkronizaciji.

Isporuka izvršnih aplikacija bilo koje vrste, mobilnih ili stacionarnih, provodi se metodama *isporuke* (*deployment*) programskih rješenja. Isporuka je najčešće radi tako da se za napisani program stvara instalacijski program (*installer*), samostalni izvršni program koji pri pokretanju instalira željenu izvršnu aplikaciju i postavlja sve preduvjete za njeno izvođenje, primjerice instalaciju dodatnih programskih biblioteka, podešavanje konfiguracijskih datoteka i registara (*registry* u Windowsima), i slično. Uporaba installera je vrlo široka – praktički svaki korisnik koji je na svoje računalo instalirao bilo kakav program, od igara preko uredskih paketa do složenih razvojnih alata, koristio je pri tom installer kojeg je napravio proizvođač softvera. Moguća je i automatska distribucija installera na određena računala, što se podešava na razini domenske politike (*domain policy*) koja pak ulazi u područje upravljanja računalnim mrežama pa zato neće biti detaljnije obrađivana ovdje.

U .NET tehnologiji, installer se izvodi u sklopu zasebnog projekta unutar Visual Studija. Installeri najčešće imaju datotečni nastavak .msi, dok installeri za izvršne programe za mobilne uređaje imaju nastavak .cab.

Isporuka web rješenja bilo koje vrste, aplikacija ili web servisa, provodi se metodama *web hostinga* što znači da se programski kod web rješenja kopira na fizičku mapu aplikacijskog servera te da se potom ta mapa definira kao virtualna mapa u onom HTTP serveru, primjerice Apacheju ili IIS-u, koji je zadužen za posluživanje web rješenja. Metode web hostinga potrebne su i za otpojene mobilne aplikacije stoga što se sinkronizacija podataka obavlja preko HTTP servera, što je detaljno objašnjeno u poglavlju 7.

Već je u početku ovog poglavlja naglašeno da se RMP metodika može smatrati dopunom metodike za projektiranje i razvoj klasičnog informacijskog sustava. To znači da ovaj korak

zapravo predstavlja točku ponovnog spajanja dviju grana koje su se odvijale paralelno, nakon razdvajanja u koraku 6. Ovdje nije bila posebno razmatrana gornja grana, koja je na slici 6-1 prikazana potprocesom **Razviti klasični informacijski sustav**. Međutim, ovdje se podrazumijeva da je taj razvoj završen te da su sve programske komponente klasičnog informacijskog sustava do ovog trenutka razvijene, testirane i instalirane na aplikacijski server i radna računala.

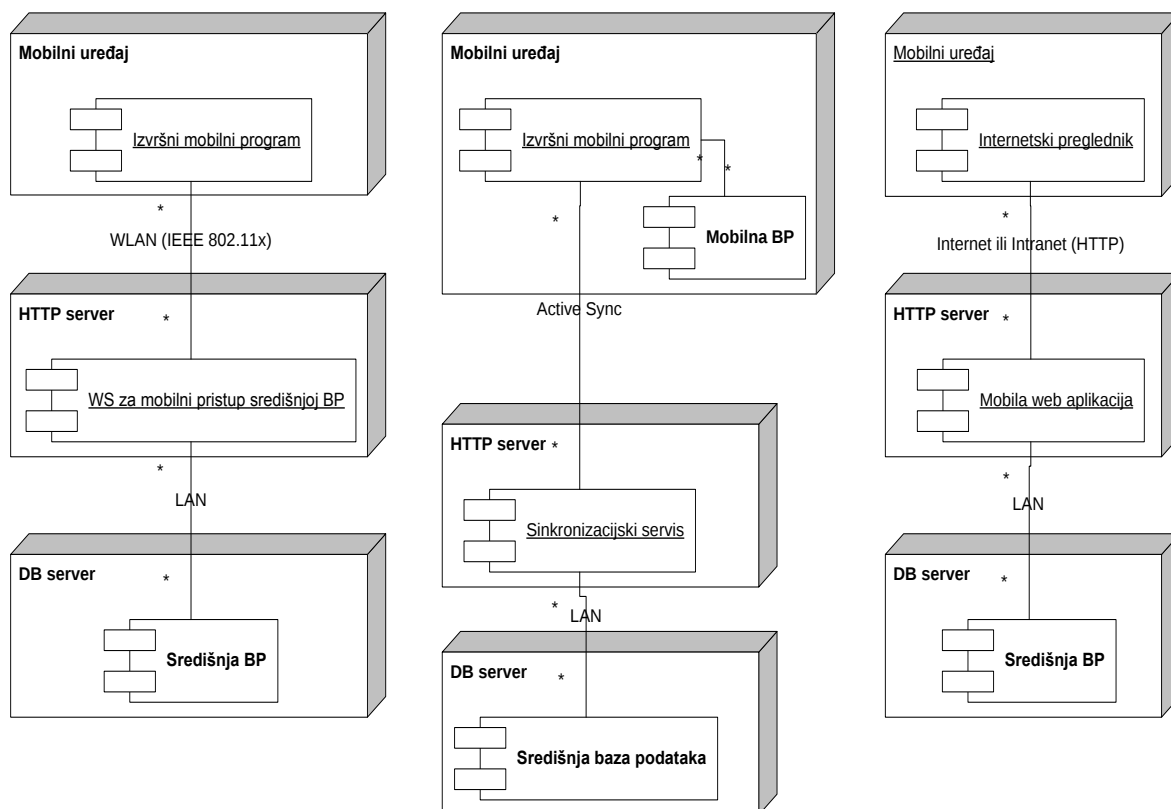
Korak 18: Pokrenuti informacijski sustav

Pokrenuti sustav je završna aktivnost metodike raspoznavanja mobilnih procesa. Njome je obuhvaćeno detaljno testiranje MobIS-a, korisnička obuka i stvarni rad.

Za pokretanje cjelovitog informacijskog sustava, uključivši i MobIS, potrebno je da budu završene sve njegove programske komponente: mobilne, koje se pokreću ili prikazuju na mobilnim uređajima, i stacionarne, koje su smještene na računalima središnjeg IS-a. Ovisno o arhitekturi MobIS-a, raspored njegovih programskih komponentata može biti sljedeći:

- Ako je mobilna aplikacija ostvarena web tehnologijom, onda se cijeli njen programski kod i HTTP server, preko kojega mobilni korisnici pristupaju podacima, nalaze na središnjim informatičkim resursima IS-a. Na mobilnim uređajima smješten je samo internetski preglednik.
- Ako je aplikacija ostvarena kao izvršni *smart device* program za spojene aktivnosti, onda je ona smještena na mobilnim uređajima, a servis preko kojeg radi sa središnjom bazom podataka nalazi na serveru središnjeg IS-a.
- Ako je aplikacija ostvarena kao izvršni *smart device* program za otpojene aktivnosti i smještena na mobilnim uređajima, onda se na strani središnjeg IS-a nalaze samo programi za povezivanje mobilnog uređaja s računalom. Na podatkovnom serveru su tada smještene procedure koje omogućavaju sinkronizaciju podataka iz središnje baze podataka s podacima na mobilnim uređajima.

Sve tri varijante rasporeda komponentata MobIS-a prikazane su na slici 6-2 metodom *Deployment Diagram*, poznatom iz objektno-orijentiranog razvoja informacijskih sustava.



Slika 6-2: Raspored komponenti MobIS-a

6.2 Tablični prikaz metodike RMP

Pregledni tablični opis predložene metodike za razvoj mobilnih informacijskih sustava prikazan je tablicom 6-I. Svaki redak tablice predstavlja jedan korak metodike koji je kratko opisan prema načelu IPO (*Input-Process-Output*). Svaki se korak ovdje interpretira kao aktivnost za čije pokretanje su potrebne neke ulazne veličine ili poticaji, a koja daje određeni rezultat na izlazu. Transformacija ulaza u izlaze određena je predloženim metodama i tehnikama.

Tablica 6-I: Sažetak metodike za razvoj MobIS-a

Korak	Naziv koraka	Ulazi	Metode i tehnike	Izlazi
1.	Utvrditi procese i aktivnosti	• Zahtjev za razvoj MobIS-a	• Dekompozicija	• Aktivnosti
2.	Pridružiti uloge aktivnostima	• Aktivnosti • Radna mjesta	• Analiza resursa	• Aktivnosti s ulogama
3.	Izraditi BPD (<i>Business Process Diagram</i>)	• Aktivnosti, • Poslovne stavke	• BPM (Business Process Modeling)	• BPD s ulogama
4.	Izraditi DP matricu (dinamika lokacije i pokretljivost korisnika)	• Aktivnosti	• DP matrica	• Klasificirane aktivnosti
5.	Dopuniti BPD radi prikaza mobilnosti	• Klasificirane aktivnosti • BPD s ulogama	• dBPM (dopunjena metoda BPM)	• BPD dopunjen za mobilnost
6.	Izraditi model podataka	• BPD dopunjen za mobilnost	• ERA, • RM	• Model podataka
	Razviti klasični IS		• Strukturne i objektne metodike za razvoj IS-a	
7.	Izabrati podatke za mobilne funkcionalnosti	• Model podataka, • BPD dopunjen za mobilnost	• dMPK (dopunjena metoda MPK, prema BSP – metodici)	• Mobilni BPD, • Mobilni RM
8.	Razlučiti funkcionalnosti za spojeni i otpojeni rad	• Mobilni BPD • Mobilni RM	• Selekcija, • dBPM	• Aktivnosti za spojeni i otpojeni rad
9.	Oblikovati bazu podataka za mobilne uređaje	• Mobilni BPD, • Mobilni RM	• VSDB design	• mob BP (mobilna baza podataka)
10.	Podesiti sinkronizacijske mehanizme	• mob BP	• Replikacija, • Procjena perioda sinkronizacije	• Programski kod za sinkronizaciju, • Opis sinkronizacije
11.	Izraditi program za otpojeni mobilni rad	• Opis sinkronizacije • mBP	• OOP (objektno programiranje)	• Mobilna aplikacija
12.	Izabrati način izvedbe programa za spojeni rad	• mobilni RM • mobilni BPD	• DP matrica, • Selekcija	• Odluka o izboru načina izvedbe
13.	Izraditi web aplikaciju za spojene mobilne aktivnosti	• mobilni RM • mobilni BPD	• OOP (objektno programiranje)	• Programski kod
14.	Izraditi servis za mobilni pristup središnjem IS-u	• mobilni RM • mobilni BPD	• OOP (objektno programiranje)	• Programski kod WS, • Opis servisa
15.	Izraditi izvršni program za spojene mobilne aktivnosti	• Opis servisa	• OOP (objektno programiranje)	• Mobilna aplikacija
16.	Pokrenuti mobilne aplikacije na mobilnim uređajima	• Mobilna aplikacija	• Deployment • Web-hosting	• Testni MobIS
17.	Instalirati programske komponente na radna računala	• Programski kod WS, • Klasična aplikacija	• Deployment • Web-hosting	• Testni MobIS
18.	Pokrenuti informacijski sustav	• MobIS	• Testiranje • Probni rad	• MobIS

6.3 Provjera i primjena predložene metodike

Moguće su dvije razine provjere predložene metodike za razvoj mobilnih informacijskih sustava:

- Provjera formalne konzistentnosti i
- Provjera funkcionalne primjenljivosti.

Provjera formalne konzistentnosti provedena je simulacijom na modelu procesa koji predstavlja predloženu metodiku. Naime, već je na početku ovog poglavlja istaknuto da je izgradnja MobIS-a složeni poslovni proces pa je metodika njegovog projektiranja i razvoja prikazana metodom modeliranja poslovnih procesa. S druge pak strane, mnogi razvojni alati za BPM imaju ugrađen simulacijski mehanizam koji omogućava:

- a) logičku provjeru modeliranog poslovnog procesa
- b) simulaciju poslovnog procesa radi utvrđivanja nekih njegovih osnovnih značajki kao što su trajanje procesa, potrebni resursi za njegovo izvođenje, uska grla, i slični

U ovom je slučaju predložena metodika sa slike 6-2 modelirana kao poslovni proces u alatu IBM WebSphere Business Modeler koji također ima ugrađeni simulacijski mehanizam. Na takvom modelu procesa provedena je simulacija radi logičke provjere modeliranog poslovnog procesa i procjene mogućeg trajanja takvog razvoja. U modelu je razvoj klasičnog informacijskog sustava prikazan kao potproces koji se odvija paralelno s koracima 7 do 15 metodike RMP. Njegovo je trajanje svedeno formalno na jedan dan, kako ono ne bi utjecalo na proračun prosječnog trajanja razvoja MobIS-a. Simulacija je pokazala:

- Slijed koraka za razvoj mobilnih informacijskih sustava je logički konzistentan i cjelovit, jer svaki *token* koji predstavlja pojedinačni slučaj budućeg razvoja jednog konkretnog mobilnog informacijskog sustava, prolazi modelom od početka do kraja u konačnom vremenu. To se može interpretirati na način da će dosljedna primjena metodike RMP uvijek dati nekakav MobIS kao konačni ishod. Naravno, ta tvrdnja nipošto ne implicira zaključak da će svaki MobIS razvijen po RMP metodici biti najbolji jer njegova kvaliteta će uvijek zavisiti o kvaliteti projektantskog zaključivanja i rada u pojedinim koracima metodike. Ovim korakom je iskorišten simulacijski potencijal opisan pod točkom (a) u prethodnom odjeljku.
- U model metodike RMP upisane su iznad pojedinih aktivnosti (koraka u RMP metodici) procijenjene vrijednosti trajanja, temeljene na iskustvu koje je stečeno na razvoju više "prosječno složenih" MobIS-a od kojih je jedan detaljnije opisan u sljedećem poglavlju. Za taj je slučaj simulacijom tipa (b) iz prethodnog odjeljka utvrđeno da bi očekivano trajanje razvoja jednog takvog "prosječno složenog" mobilnog informacijskog sustava moglo biti oko 57 dana.

Provjera funkcionalne primjenljivosti moguća je samo tako da se primjenom predložene metodike izvede više projekata razvoja mobilnih informacijskih sustava koji po svojoj strukturi moraju reprezentirati različite slučajeve za koje se smatra da pripadaju domeni koju pokriva metodika. Upravo to je urađeno u poglavlju 7, gdje je opisan i dokumentiran razvoj rješenja za dva stvarna primjera. Prvi se primjer odnosi na projekt skladišnog i distribucijskog sustava kojeg je izveo autor ovog rada te je proveden u poduzeću za proizvodnju i distribuciju elektrotehničke robe. Drugi se primjer odnosi na mobilno djelovanje prometne policije. On predstavlja pokazni primjer koji do sada nije u potpunosti realiziran, a razvijen je u okviru

jednog projekta strateškog plana razvoja IS-a izvođenog na FOI-ju za potrebe MUP-a RH u čijoj je realizaciji također sudjelovao i autor ovog rada.

Kod primjene predložene metodike preporuča se korištenje programskih alata za provedbu pojedinih koraka po izabranoj metodi (na primjer, modeliranje procesa BPM-om, modeliranje podataka metodom ERA, i tako dalje). Od posebne je važnosti pri tome detaljno opisivanje svojstava svakog elementa što svaki od komercijalno dostupnih alata vrlo snažno podržava. Na taj se način dokumentacija o novom MobIS-u stvara i ažurira tijekom razvoja, što će bitno pojednostavniti eventualne kasnije dopune ili promjene početnog rješenja.

7 Informatička potpora mobilnim procesima

U ovom će poglavlju biti pokazano kako razviti MobIS primjenom predložene metodike raspoznavanja mobilnih procesa, opisane u prethodnom poglavlju, na konkretnim i reprezentativnim primjerima iz stvarne primjene. Reprezentativnim poslovnim primjerima smatramo one tipične slučajeve u kojima se korištenje mobilnih tehnologija i način tehničke izvedbe informacijskog sustava ponajviše razlikuje od korištenja računala u stacionarnom informacijskom sustavu. Da bi se najbolje prikazale specifičnosti takvih primjera, potrebno je utvrditi koje se mobilne tehnologije, opisane u poglavlju 2, mogu koristiti za podršku mobilnim aktivnostima, u skladu s klasifikacijom po DP matrici iz poglavlja 5. Izbor prikladne opreme koja se može koristiti za podršku nekom procesu zavisi o pokretljivosti korisnika, promjenljivosti lokacije i mogućnosti povezivanja mobilnih uređaja sa središnjim računalom. Odnos ovih čimbenika je prikazan tablicom 7-I. Oznake upisane u poljima te matrice odnose se na atribuciju aktivnosti klasificiranih prema DP matrici.

Tablica 7-I: Mobilne tehnologije u podršci mobilnim procesima

Uređaji		Prijenosna i uklopljena računala: stacionaran korisnik (S)	Dlanovnici: mobilan korisnik (M)
Mreža	Otpojeni rad (O):	-	<P,M,O>
	Nepostojana lokacija (N)	<N,S,O>	<N,M,O>
Spojeni rad (bežična ili mobilna komunikacijska mreža) (V):	Postojana lokacija (P)	-	<P,M,V>
	Nepostojana lokacija (N)	<N,S,V>	<N,M,V>

Tablicu 7-I treba tumačiti na sljedeći način:

- Prijenosna i uklopljena računala mogu koristiti samo stacionarni korisnici. Mobilni korisnici moraju koristiti dlanovnike. Razlozi za to proizlaze iz definicije pojmova vezanih za mobilnost, objašnjenih u poglavlju 5.
- Ako nema stalne povezanosti sa središnjim IS-om, lokacija na kojoj se obavljaju poslovi može biti i postojana i nepostojana. Otpojeni rad je tada nužnost. U stvarnim okolnostima ovo je vrlo čest slučaj, a javlja se kada zbog infrastrukturnih, zemljopisnih, tehničkih ili financijskih razloga, ili pak posebnih radnih uvjeta, nije moguće uspostaviti stalnu vezu između središnjeg IS-a i mobilnih korisnika.
- Ako postoji stalna veza između središnjeg IS-a i mobilnih korisnika, onda se ona za postojane lokacije uspostavlja bežičnom mrežom, a za nepostojane mobilnom komunikacijskom ili radio mrežom.

- Za mobilne korisnike dlanovnici su dobro rješenje bez obzira rade li na postojanoj ili nepostojanoj lokaciji i bez obzira na to kakve su tehničke mogućnosti povezivanja sa središnjim računalom.
- Rad s prijenosnim ili uklopljenim računalima na postojanoj lokaciji nije predmet ove analize.

Budući da je uporaba prijenosnog, a donekle i uklopljenog računala, znatno sličnija korištenju računala u klasičnom IS-u, ovdje se neće razmatrati jednostavniji slučaj realizacije MobIS-a u kojemu je korisnik stacionaran pa se može služiti prijenosnim ili uklopljenim računalom, nego onaj složeniji u kojemu je korisnik mobilan i "osuđen" na korištenje dlanovnika.

Glede postojanosti lokacije i veze sa središnjim IS-om, dva su tipična slučaja: otspojeni rad, uz periodičku sinkronizaciju podataka između mobilnog uređaja i središnjeg IS-a, te spojeni rad, uz vezu sa središnjim IS preko bežične IEEE 802.11x mreže, pa će stoga biti razmotrena oba slučaja.

Što se tiče tipa mobilne aplikacije, razmatrat će se pobliže problematika izvršnog *smart device* programa. Mobilni web, koji se suštinski ne razlikuje od klasičnih web aplikacija, bit će pobliže razmotren samo na temelju 13. koraka metodike raspoznavanja mobilnih procesa, specifičnog za razvoj takvog tipa MobIS-a.

Za studiju slučaja primjene metodike raspoznavanja mobilnih procesa bit će dva odabrana tipa mobilnih aktivnosti, ispisanih u tablici 7-1 podebljanim slovima, koje karakterizira:

- Nepostojana lokacija, mobilni korisnik, otspojeni rad – **<N,M,O>**. Karakteristični primjer za ovo je MobIS policijske patrolne.
- Postojana lokacija, mobilni korisnik, spojeni rad – **<P,M,V>**. Tipičan primjer za ovo je MobIS skladišnog sustava.

Grafički prikazi modela svih poslovnih procesa za izrađenih u ovom i sljedećem poglavlju izrađeni su uz korištenje IBM-ovog alata WebSphere Business Modeler. On je usklađen s profesionalnom normom BPMN, a osim modeliranja poslovnih procesa ima ugrađen simulacijski mehanizam pomoću kojeg je moguće provjeriti bitne karakteristike modeliranih poslovnih procesa, kao što su vrijeme trajanja složenog poslovnog procesa, opterećenje korištenih resursa, uska grla u procesu, i tako dalje. Druga hipoteza ovog rada koja glasi: *"Mobilne tehnologije mogu smanjiti složenost poslovnog procesa i pojednostavniti poslovnu tehnologiju"* dokazivat će se u poglavlju 8 simulacijom onih skladišnih procesa koji su modelirani u ovom poglavlju kao treći korak u primjeni predložene metodike.

7.1 Informatička potpora za spojeni rad

U ovom će potpoglavlju biti opisano tehničko rješenje MobIS-a za spojeni rad, za stvarni primjer uporabe mobilnih tehnologija u skladišno-distribucijskom poslovanju, koji djeluje kao samostalni sustav ili kao dio nekog proizvodnog poduzeća. Rješenje će biti izvedeno korištenjem metodike RMP prikazane u poglavlju 6. Prikazom će biti obuhvaćene sve faze razvoja MobIS-a. Te će faze biti razrađene po koracima koje predviđa predložena metodika te će obuhvatiti sve poslove od projektiranja i konceptualnog osmišljavanja, preko odabira hardverskih i softverskih tehnologija, pisanja programskog koda, raspodjele programskih komponenti po raspoloživoj sklopovskoj opremi do puštanja MobIS-a u rad.

Korak 1: Utvrditi procese i aktivnosti

Svi poslovi u postojećem skladišno-distribucijskom poslovanju su opisani općim procesom **Upravljanje skladištem**. Vlasnik tog procesa je organizacijska jedinica **Komercijala**. Ona se sastoji od nekoliko organizacijskih jedinica niže razine od kojih su za ovo razmatranje značajne dvije: **Prodaja** i **Nabava**. Detaljnijom raščlambom ukupne djelatnosti mogu se prepoznati četiri procesa:

- **Izdati robu kupcu** odnosi se na izdavanje robe vanjskoj organizacijskoj jedinici koja može biti kupac ili neka druga proizvodna organizacijska jedinica unutar poduzeća.
- **Zaprimiti robu od dobavljača** je proces koji se događa nakon što dobavljač dostavi robu temeljem prethodne narudžbe nabavnog odjela.
- **Provesti inventuru**. Inventura može biti potpuna ako se provodi u cijelom skladištu ili djelomična ako se provodi samo na specificiranim lokacijama.
- **Optimirati smještaj** odnosi se na unutarskladišni premještanje robe radi optimalnog korištenja skladišnih kapaciteta.

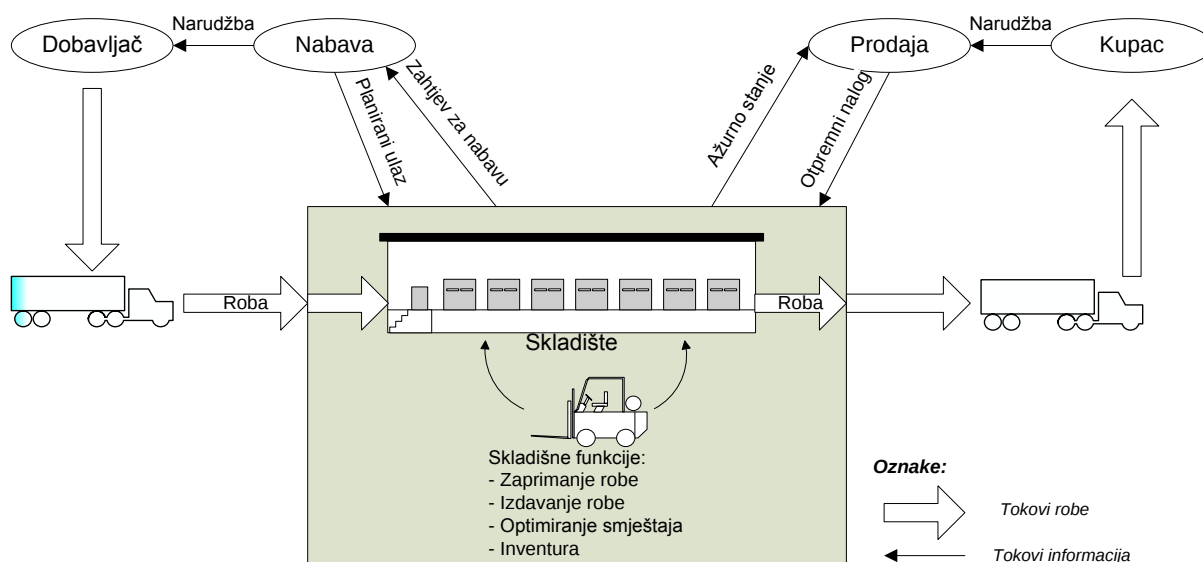
Prva dva procesa su temeljni jer preko njih sustav obavlja svoju osnovnu funkciju. Druga dva su potporni jer omogućavaju trajno, optimalno i kontrolirano izvođenje temeljnih. Pojednostavnjeni shematski prikaz sadašnjeg djelovanja cijelog skladišno-distribucijskog sustava opisan je slikom 7-1. Na slici se mogu raspoznati tri vrste tokova:

- Materijalni tokovi (**Roba**) koji idu s lijeva od dobavljača, na desno do kupca.
- Informacijski tokovi (Informacija o stanju zaliha, Planirani ulazi) na osnovu kojih vlasnik procesa može upravljati skladišno-distribucijskim sustavom.
- Tokovi naloga (*Narudžba kupca, Nalog za otpremu, Zahtjev za nabavu, Narudžba na dobavljača*) koji idu s desna na lijevo i predstavljaju osnovne upravljačke akcije koje poduzima vlasnik procesa.

Fizički je skladište organizirano u dva dijela: manipulativni prostor za prijem i otpremanje robe te skladišni prostor kojeg čine regali s označenim ćelijama za smještaj robe. U postojećoj skladišnoj evidenciji vode se podaci o ulazu, izlazu i ukupnoj količini robe, ali također i podaci u kojim se skladišnim ćelijama nalazi koja količina određene robe.

Vlasnik procesa upravlja skladišnim poslovanjem na temelju ažurnih Informacija o stanju zaliha. Pojedini procesi u skladištu pokreću se izdavanjem različitih naloga, koji mogu biti: *Nalog za otpremu, Nalog za premještanje, Nalog za inventuru* i *Planirani ulaz*. Svaki od tih naloga sadrži podatke o vrsti i količini robe koja će biti stavljena u promet te njezinom ishodištu (na primjer od kojeg dobavljača i kada se planira ulaz robe) ili odredištu (na primjer kojem kupcu i kada treba poslati robu).

Poslovni procesi u skladišno-distribucijskom sustavu pokreću se na osnovu primljenih naloga. Na temelju njih će skladištar pokrenuti i izvesti jedan od četiri naznačena procesa. Svaki od tih skladišnih procesa mijenja podatke o stanju zaliha robe. Kada raspoložive zalihe neke robe, zbog izdavanja sa skladišta, padnu ispod zadane količine, to jest dosegnu takozvanu točku naručivanja utvrđenu za svaku vrstu robe, skladištar traži obnavljanje zaliha tako da odjelu nabave upućuje *Zahtjev za nabavu*. Nabavni odjel će komercijalno obraditi prispjele zahtjeve, odabrati najpovoljnijeg dobavljača i izdati *Narudžbu dobavljaču*. O vremenu planirane isporuke robe obavijestit će skladište transakcijom *Planirani ulaz*, kako bi se skladištar pripremio za prihvatanje robe koja će stići od dobavljača.



Slika 7-1: Shematski prikaz djelovanja skladišno-distribucijskog sustava

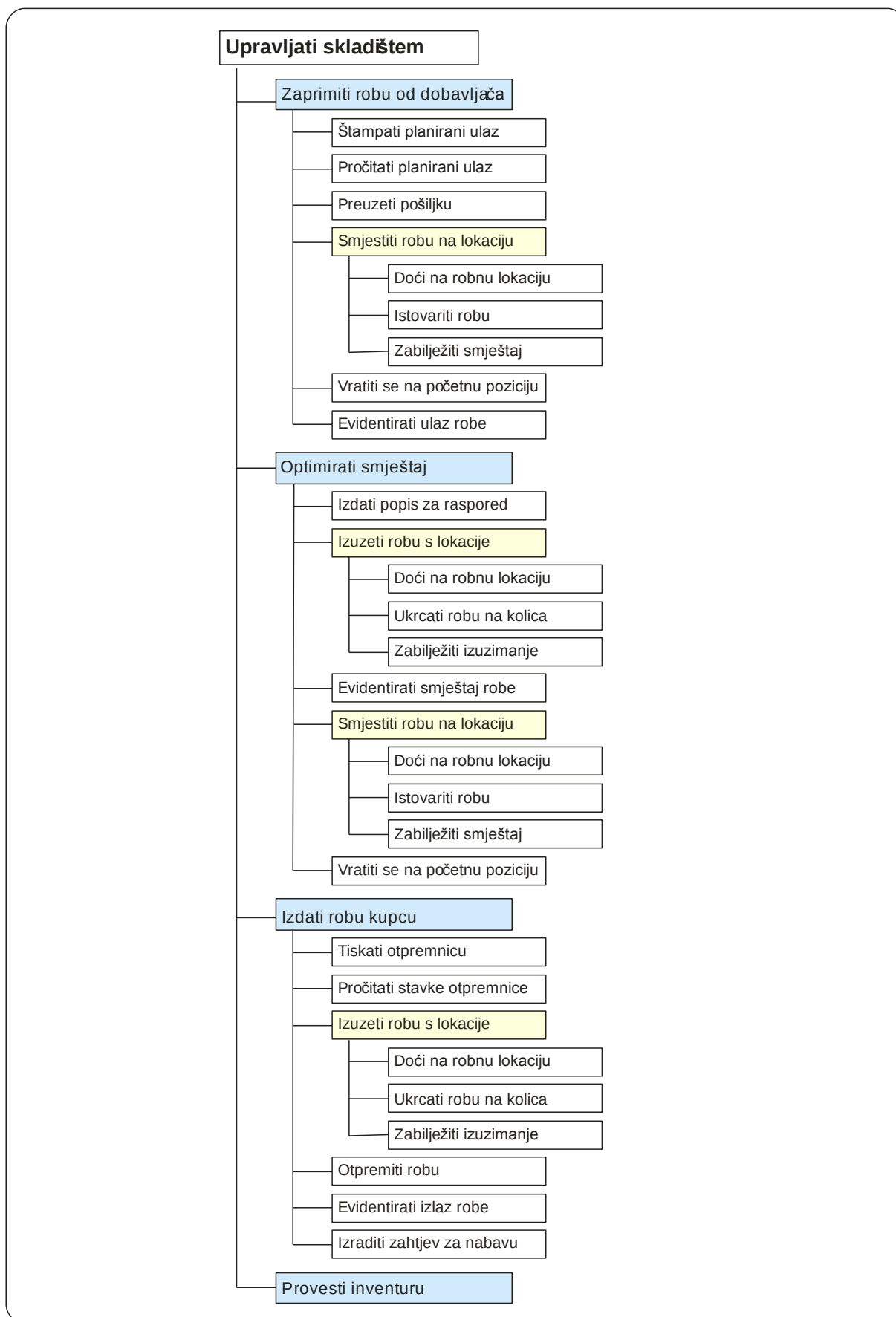
Temeljem opisanog scenarija utvrđenog nakon detaljnih intervjua i stručnih rasprava s djelatnicima zaposlenima u sustavu, izrađen je metodom dekompozicije procesa cjeloviti popis procesa i aktivnosti skladišno-distribucijskog sustava prikazan slikom 7-2. Osnovni procesi na slici su označeni plavom bojom, ponavljajuće aktivnosti žutom, a elementarne aktivnosti (radni koraci) su upisani u neoboijane pravokutnike.

Za daljnji prikaz razvoja MobIS-a tipa <P,M,V> razmatrat će se samo proces **Izdati robu kupcu** koji se može smatrati reprezentativnim kako u odnosu na ostale skladišne procese, tako i glede problematike razvoja programske podrške za spojeni rad. Cijeli skladišno-distribucijski sustav detaljno je modeliran i istražen u poglavlju 8.

Za izdavanje robe potrebno je prvo na lokalnom računalu u skladištu **Štampati otpremnicu**. Skladištar će **Pročitati stavke otpremnice** kako bi saznao koju robu treba otpremiti i pripremiti se za fizičku provedbu te aktivnosti, primjerice uzimanjem i pripremom transportnih kolica. Nakon toga skladištar kreće u prikupljanje robe to jest njeno izuzimanje sa skladišnih lokacija. Tijekom prikupljanja robe, opetovano se ponavljaju sljedeće aktivnosti:

- **Doći na robnu lokaciju** odnosi se na pronalaženje lokacije robe u skladištu i dolazak na tu lokaciju.
- **Ukrcati robu na kolica** odnosi se na fizičko izuzimanje robe s lokacije i smještaj robe na transportna kolica.
- **Zabilježiti izuzimanje** odnosi se na bilježenje izuzimanja robe s lokacije kako bi se na završetku svih radnji vezanih za jednu otpremnicu mogao evidentirati izlaz robe preko lokalnog računala u skladištu.

Navedene aktivnosti ponavljaju se za svaku vrstu robe s otpremnice, do obrade svih njezinih stavaka. Nakon toga treba **Otpremiti robu**, što znači odložiti izuzetu robu na izlaznu lokaciju s koje će ona biti fizički transportirana do kupca.



Slika 7-2: Dekompozicijski dijagram procesa skladišno-distribucijskog sustava

Korak 2: Pridružiti uloge aktivnostima

Svaka elementarna aktivnost ili radni korak odvija se na točno određenom radnom mjestu, a tijekom njezinog trajanja troše se neki ljudski ili drugi resursi. Kod razmatranja aktivnosti u nekom poslovnom procesu važnija je uloga koju pojedini sudionik ima u njezinom odvijanju od formalne pozicije koju je taj sudionik ostvario raspoređivanjem na neko radno mjesto u organizacijskom ustroju poduzeća.

U cijelom skladišno-distribucijskom sustavu pojavljuje se ukupno 5 različitih uloga: Nabavljač, Prodavač, Skladištar, Administrator i Prijevoznik. U tablici 7-II prikazan je pregled uloga ili zaduženja potrebnih za odvijanje aktivnosti u procesu **Izdati robu kupcu** gdje se koriste samo dvije uloge: Skladištar i Administrator. Općenito, nekoj aktivnosti može biti pridruženo više uloga, ali to ovdje nije bio slučaj.

Tablica 7-II: Aktivnosti i uloge u procesu Izdati robu kupcu

		<i>Skladištar</i>	<i>Administrator</i>
Štampati otpremnicu			X
Pročitati stavke otpremnice		X	
Izuzeti robu s lokacije	Doći na robnu lokaciju	X	
	Ukrcati robu na kolica	X	
	Zabilježiti izuzimanje	X	
Otpremiti robu		X	
Evidentirati izlaz robe			X
Izraditi zahtjev za nabavu			X

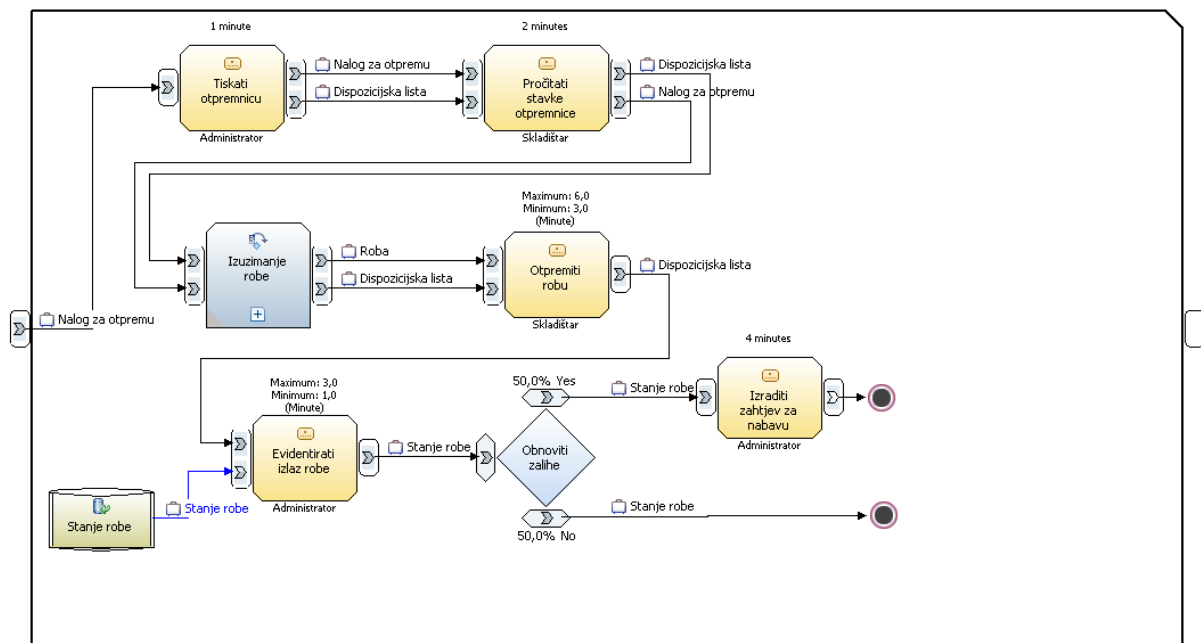
Znak X povezuje aktivnost sa ulogom koja ju provodi. Smatra se da su za složenu aktivnost (u ovom slučaju je to **Izuzeti robu s lokacije**) potrebne one uloge koje su potrebne za izvođenje elementarnih aktivnosti od kojih se složena aktivnost sastoji. Ovdje treba napomenuti da skladištar i administrator mogu biti ista fizička osoba koja obavlja obje uloge.

Korak 3: Izraditi BPD

Na osnovu prethodnih dvaju koraka predložene metodike modeliran je BPD za proces **Izdati robu kupcu**, prikazan slikom 7-3.

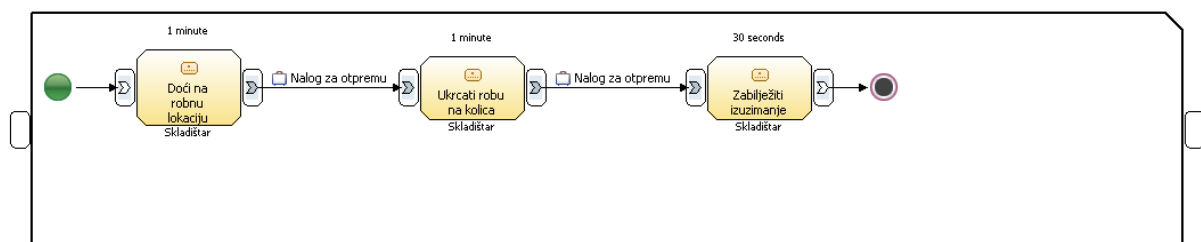
Kao što je već prije spomenuto, aktivnosti **Doći na robnu lokaciju**, **Ukrcati robu na kolica** i **Zabilježiti izuzimanje** ponavljaju se više puta tijekom obavljanja procesa **Izdati robu kupcu**, po jednom za svaku robnu stavku dokumenta. U modelu procesa ovo ponavljanje je riješeno korištenjem petlje s kontroliranim brojem prolaza, pod nazivom **Izdavanje robe**. Broj tih ponavljanja u simulacijskom modelu, detaljnije razmotrenom u poglavlju 8, odredit će se za stvarni skladišni sustav kao prosječan broj robnih stavki po otpremnom dokumentu.

Svakoj aktivnosti na slici 7-3 pridružena je uloga određena u prethodnom koraku i upisana ispod simbola za aktivnost. Iznad tog simbola upisano je trajanje aktivnosti, izraženo u prikladnoj jedinici mjere. U ovom modelu su za trajanje izabrane jedinice mjere sat, minuta ili sekunda, o čijem preračunavanju vodi brigu simulacijski algoritam.



Slika 7-3: BPD za proces Izdati robu kupcu

Petlja **Izuzimanje robe** na slici 7-3 koja predstavlja ponavljajuće radnje za svaku stavku otpremnice djeluje kao potproces čija je unutrašnja struktura prikazana *slikom 7.4*.



Slika 7-4: Unutrašnja struktura petlje Izuzimanje robe

Korak 4: Izraditi DP matricu

Ovim korakom, svakoj aktivnosti određenoj dekompozicijskim dijagramom u prvom koraku, treba dodijeliti dinamiku lokacije, mobilnost korisnika i vezu sa središnjim IS-om. Takva klasifikacija aktivnosti može se prikazati trodimenzionalnom matricom, kako je to opisano u poglavlju 6 i prikazano slikom 5-1. U svrhu lakšeg ili razumljivijeg prikaza, klasificirane aktivnosti mogu se prikazati i dvodimenzionalnom projekcijom ako se trodimenzionalna matrica sa spomenute slike privremeno reducira po jednoj koordinatnoj osi. Ako se razmatranje načina povezivanja sa središnjim IS-om ostavi za kasnije jer u trenutku projektiranja MobIS-a ne mora biti poznato kakva će ta veza biti u pogonskim uvjetima, onda se trodimenzionalni prikaz može svesti na dvodimenzionalnu matricu koja povezuje pokretljivost korisnika s dinamikom lokacije. Ta su dva svojstva, kako je rečeno u poglavlju 6, dovoljna za klasifikaciju aktivnosti kao mobilne ili stacionarne. Prema potrebi, svojstvo veze prema središnjem IS-u (V ili O) može ispisati kao atribut uz naziv aktivnosti. DP matrica za proces **Izdati robu kupcu** prikazana je tablicom 7-III.

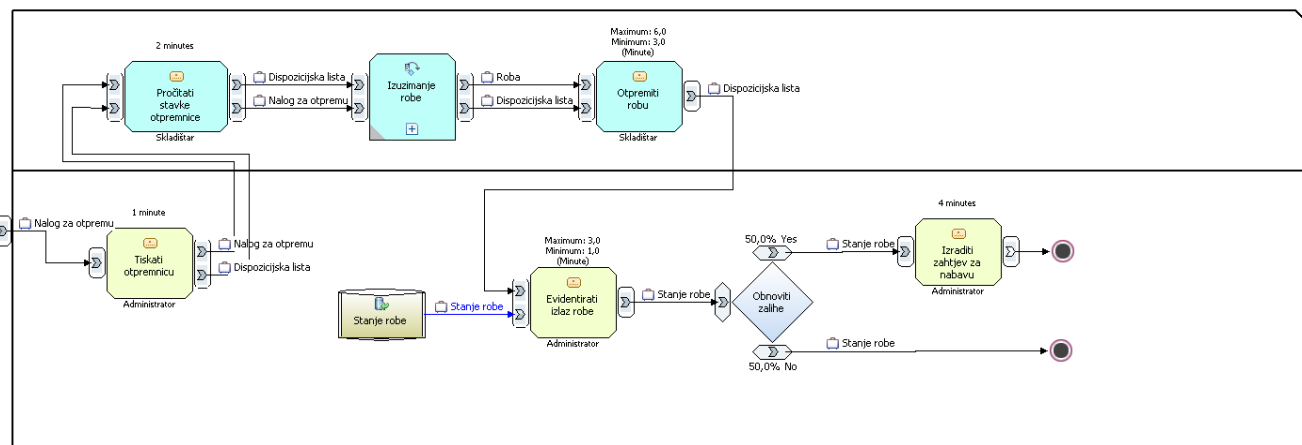
Tablica 7-III: DP matrica za proces Izdati robu kupcu

Promjenljivost lokacije	Neposto- jana (N)		Doći na robnu lokaciju
	Postojana (P)	Tiskati otpremnicu (V) Evidentirati izlaz robe (V) Izraditi zahtjev za nabavu (V)	Ukrcati robu na kolica Zabilježiti izuzimanje Otpremiti robu Pročitati stavke otpremnice
		Stacionaran (S)	Mobilan (M)
Pokretljivost korisnika			

Treba napomenuti da aktivnost **Otpremiti robu** može u skladišno-distribucijskim sustavima biti znatno složenija, to jest sastavljena od drugih procesa od kojih se mnogi odvijaju na nepostojećoj lokaciji, kako s povremenom, tako i sa stalnom vezom prema središnjem IS-u. Takav proces otpreme robe obavlja se, na primjer, u skladišno-distribucijskim sustavima koji imaju organiziranu katalošku prodaju i dostavu robe na adresu kupca. Međutim, u promatranom skladišno-distribucijskom sustavu to nije bio slučaj jer tamo stranke dolaze preuzeti robu na mjesto kupnje, u skladište. Stoga je **Otpremiti robu** klasificirana kao aktivnost mobilnog korisnika na postojećoj lokaciji.

Korak 5: Dopuniti BPD radi prikaza mobilnosti

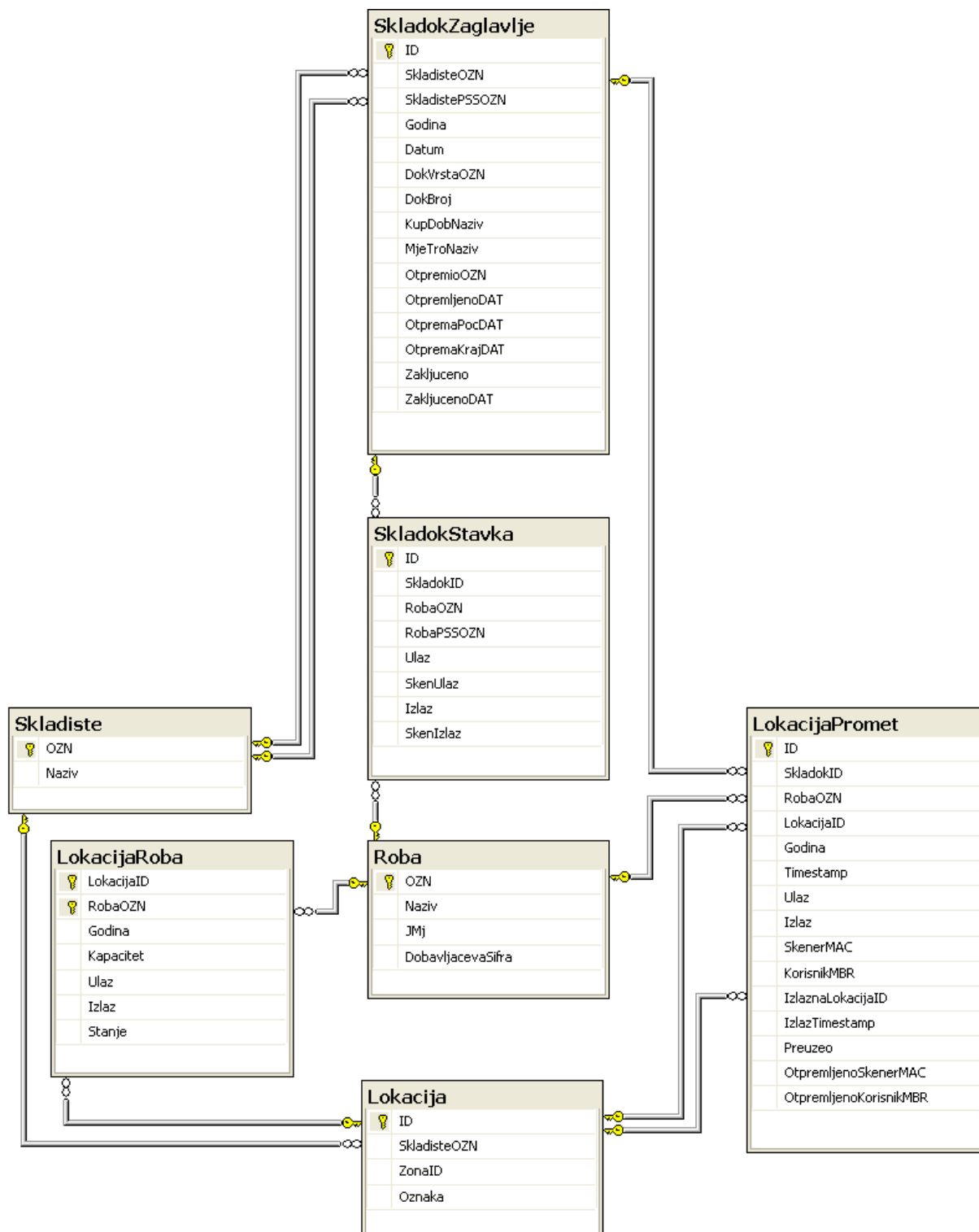
U ovom se koraku model procesa **Izdati robu kupcu**, prikazan slikom 7-3, dopunjava tako da se posebno označe i grupiraju mobilne aktivnosti. Takvo označavanje i grupiranje spada u dozvoljene dopune BPM-a, kao što je navedeno u poglavlju 6. Mobilne aktivnosti su one koje za atribut dinamika lokacije i mobilnost korisnika imaju vrijednosti <P,M> ili <N,S> ili <N,M>, to jest one koje su smještene u desnom stupcu tablice 7-III. Novi BPD za analizirani proces prikazan je na slici 7-5. Korištena mogućnost *swimlane* prikaza koju ima raspoloživi alat pa su mobilne aktivnosti grupirane u posebnoj traci i obojene plavom bojom. Na slici se vidi da je cijeli potproces (petlja) **Izdavanje robe** klasificiran kao mobilan.



Slika 7-5: BPD procesa Izdati robu kupcu dopunjen za mobilnost

Korak 6: Izraditi model podataka

U ovoj fazi razvoja izrađuje se ERA model i relacijski model baze podataka cjelokupnog informacijskog ustava. Metodološki gledano, to je standardni korak u razvoju koji još nema utjecaja na oblikovanje MobIS-a. Na slici 7-6 stoga nije prikazan cjeloviti podatkovni model za organizaciju čiji bi dio mogao biti razmatrani skladišno-distribucijski podsustav, već samo onaj dio modela koji se odnosi na proces **Izdati robu kupcu**.



Slika 7-6: Relacijski model podataka za proces Izdati robu

Korak 7: Izabrati podatke za mobilne procedure

Prikaz na slici 7-6 uključuje relacijske sheme nužne za provođenje procesa **Izdati robu kupcu** u skladišno-distribucijskom sustavu. Nad njima se obavljaju i stacionarne i mobilne aktivnosti. U ovom koraku treba stoga selektirati one dijelove podatkovnog modela potrebite za rad mobilnih procedura, a za podršku aktivnostima određenima u koraku 5. Ovaj se postupak provodi uz korištenje MPK matrice, na način kako je opisano u poglavlju 6.

Tablica 7-IV: MPK za proces Izdati robu

	Skladište	Lokacija	LokRoba	Roba	SklaDok	Stavka	LokProm
[Stacionarne aktivnosti]	C,R,U,D	C,R,U,D	R	C,R,U,D	R		
Tiskati otpremnicu	R		R	R	R	R	
Pročitati stavke otpremnice	R			R	R	R	
Doći na robnu lokaciju		R	R				
Ukrcati robu na kolica				R			
Zabilježiti izuzimanje			R,U	R,U			C
Otpremiti robu	R			R	R	R,U	
Evidentirati izlaz robe	R			U			
Izraditi zahtjev za nabavu	R			R			

Radi preglednosti prikaza, MPK matrica predočena tablicom 7-IV obuhvaća samo bitne dijelove relacijskog modela prikazanog slikom 7-6 što znači da su relacijske sheme poput kataloga, primjerice za vrstu robe, popis skladišta i slično, izostavljene. Također, naznačene su samo aktivnosti izvođene unutar klasičnog informacijskog sustava.

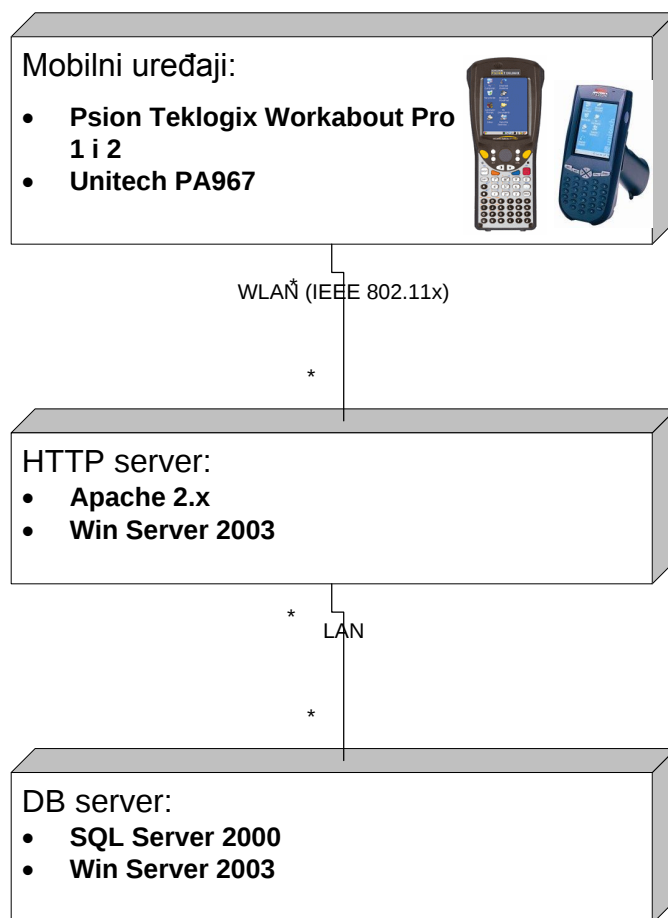
Relacijski model koji opisuju podatke potrebne za rad s mobilnim uređajima (**mob RM**) može se fizički ostvariti na dva načina:

- Ako će se aktivnosti izvoditi otspojeno (*off-line*) u odnosu na središnje računalo, **mob RM** će biti izveden kao baza podataka za mobilne uređaje smještena u memoriji mobilnih uređaja.
- Ako se aktivnosti izvode spojeno (*on-line*), **mob RM** će se izvesti kao baza podataka za središnje računalo kojoj će mobilni uređaji pristupati putem namjenskog servisa.

Korak 8: Razlučiti procedure za spojeni i otspojeni rad

U ovom koraku, iz skupa mobilnih aktivnosti definiranih dopunjenim BPD-om u koraku 5, izdvajaju se one koje je moguće obavljati spojeno od onih koje se moraju obavljati otspojeno. Ta analiza provodi se na način da se za svaku aktivnost prouči mjesto obavljanja te mogućnosti spajanja mobilnih uređaja s tog mjesta na središnji IS putem bežične ili mobilne komunikacijske mreže. Sve aktivnosti izdavanja robe u promatranom skladišno-distribucijskom sustavu obavljaju se unutar skladišta. Aktivnost **Otpremiti robu** mogla bi biti iznimka, ali se u ovom radu ipak promatra kao spojeni proces što je obrazloženo u koraku 4. Dakle, sve mobilne aktivnosti sa slike 7-5 obavljaju se na postojanoj lokaciji, budući da i **Doći na robnu lokaciju** završava tako, na kojoj je moguće uspostaviti bežičnu mrežu.

U ovom koraku također treba izabrati sklopovsku i programsku opremu za MobIS i njegov razvoj. Za promatrani skladišno-distribucijski sustav izabrana je oprema prema slici 7-7.



Slika 7-7: Oprema za MobIS skladišno-distribucijskog sustava

Tehnološku infrastrukturu MobIS-a dakle čine:

- Skladišna infrastrukturna bežična mreža IEEE 802.11x tipa.
- Barem jedno aplikacijsko računalo, umreženo u bežičnu mrežu, s instaliranim HTTP serverom putem kojega će izvršna mobilna aplikacija pozivati web servis za mobilni pristup središnjem IS-u. Izgradnja tog servisa je 14. korak ove metodike i detaljno je opisana kasnije u ovom poglavlju. Taj web servis se temelji na ASP.NET 2.0 tehnologiji pa zato aplikacijski server mora imati instaliranu podršku za .NET Framework 2.0. Aplikacijski server može raditi pod operacijskim sustavima Windows ili Linux. Ako radi pod Windowsima, onda se .NET 2.0 podrška ostvaruje Microsoftovim .NET Frameworkom. Instalirani HTTP server može biti Microsoftov IIS verzije 5 ili više, ili Apache verzije 2.x s modulom za podršku ASP.NET-u. Ako aplikacijski server radi pod Linuxom, onda .NET 2.0 podršku treba ostvariti Mono Frameworkom. Korišteni i instalirani HTTP server tada može biti samo Apache.
- Barem jedno računalo na kojem je baza podataka koje može, ali ne mora, biti isto fizičko računalo, opisano u prethodnoj točki, gdje je smješten web servis za mobilni pristup središnjem IS-u. Baza podataka je Microsoft SQL Server 2000 ili viši. Ako se koristi SQL Server 2005, može se rabiti i njegova Express varijanta.

- Mobilni uređaji s operacijskim sustavom Windows CE 4.2 ili višim, primjerice Windows Mobile 5.0. Ako mobilni uređaj radi pod Windows CE 4.2, onda na njega treba instalirati .NET Compact Framework 2.0. Ako radi pod višom verzijom mobilnih Windowsa, onda ta instalacija nije potrebna stoga što te verzije mobilnih Windowsa već imaju instaliran potrebiti softver. U promatranom primjeru korišteni su mobilni uređaji Psion Teklogix Workabout Pro (prva generacija) pod Win CE 4.2 te Unitech PA 967 pod Windows Mobile 5.0.
- Web servis za mobilni pristup središnjem IS-u razvijen je korištenjem okruženja Visual Studio 2005 i ASP.NET 2.0 tehnologije. Izvršni mobilni program razvijen je istim alatom, na .NET Compact Framework 2.0 tehnologiji. Uz standardni postav programskih biblioteka, korištene su i vanjske biblioteke kao što je OpenNETCF, Resco kontrole te SDK-ovi proizvođača mobilnih uređaja

Sklopovska infrastruktura za MobIS namijenjen otspojenom (*off-line*) načinu rada bit će prikazana u poglavlju 7.2 koje se i bavi tom vrstom mobilnih rješenja.

Koraci 9, 10 i 11: Oblikovati bazu podataka za mobilne uređaje, Podesiti sinkronizacijske mehanizme, Izraditi program za otspojeni mobilni rad

Ovi se koraci provode pri izgradnji programskog rješenja za podršku otspojenim (*off-line*) aktivnostima. Budući da se sve aktivnosti u promatranom skladišno-distribucijskom sustavu mogu izvoditi u spojenom (*on-line*) načinu rada, ti koraci neće biti opisani ovdje već u potpoglavlju 7.2 koje se bavi razvojem MobIS-a za potporu otspojenim aktivnostima.

Korak 12: Izabrati način izvedbe programskih komponenti za spojeni rad

Ovim korakom odlučuje se da li će se mobilna aplikacija za potporu spojenim aktivnostima izvesti korištenjem web tehnologija ili kao samostalni izvršni program. Iako web aplikacije imaju znatnih prednosti glede održavanja i ažuriranja novih verzija, nisu uvijek izvedive ili prikladne za rad u realnim uvjetima stoga što:

- Web aplikacijom se ne može pristupiti hardveru mobilnog uređaja, primjerice skeneru prugastog koda ili RFID čitaču. Isto tako, web aplikacijom se ne mogu presretati i automatski obrađivati događaji koje uzrokuje taj hardver, niti je njome izvedivo prikupljati složene tipove podataka, primjerice potpis stilusom.
- Mobilnim web tehnologijama ne može se izvesti bogato korisničko sučelje (*rich user interface*) koje je od osobitog značenja za mobilnog korisnika zbog možebitnih otežanih uvjeta u kojima obavlja posao. Zbog specifičnih radnih uvjeta ponekad je jako važno da se korištenje mobilne aplikacije obavlja sa što manje "klikanja" po zaslonu mobilnog uređaja, a za postizanje takvog cilja izvršni program uvijek je nadmoćan web aplikaciji.

Pod "pristupanjem hardveru" smatra se:

- Hvatanje događaja u mobilnoj aplikaciji koje uzrokuje hardver mobilnog uređaja. Događaj može biti, na primjer, uspješno očitavanje barkoda, uspješna identifikacija RFID metodom ili potpis stilusom na elektronskom obrascu.

- Obrada događaja (*event handling*) u mobilnoj aplikaciji uzrokovanih hardverom mobilnog uređaja. Na primjer, ako se radi o očitavanju barkoda, funkcionalan i ergonomski zahtjev može biti takav da očitano vrijednost treba ispisati u odgovarajuće tekstualno polje bez da korisnik mora odrediti koje je to polje klikom na njegovu sliku na zaslonu i posljedičnim postavljanjem kursora u njega.

Programski kod za obradu događaja u mobilnoj aplikaciji vidljiv je u primjeru obrađivača događaja (*event handler*) za događaj uspješnog očitavanja barkoda. U sljedećem ispisu jest programski kod takvog obrađivača događaja za C# jezik i Workabout Pro mobilni uređaj proizvođača Psion Teklogix:

```
using PsionTeklogix.Barcode;
// ...referenciranje ostalih biblioteka...

public partial class GlavnaForma : Form
{
    // ...razne metode i svojstva...

    private void skener_ScanCompleteEvent(object sender, ScanCompleteEventArgs e)
    {
        // Poduzimanje odgovarajućih akcija prema trenutnom prikazu i
        // funkcionalnostima korisničkog sučelja.
        switch (vidljivaKontrola)
        {
            case "InvPregled":
                ((InvPregled)invPregled).SkeniranjeGotovo(e.Text, e.Symbology);
                break;
            // ...ostali slučajevi...
        }
    }
}
```

Iz gornjeg koda je vidljivo sljedeće:

- Upravljanje događajima u aplikaciji je centralizirano. Samo jedan objekt, *GlavnaForma*, "zna" za hardver mobilnog uređaja to jest skener barkoda.
- *GlavnaForma* prikazuje korisničko sučelje na način da na sebi iscrta onu kontrolu koja podržava trenutno traženu funkcionalnost. To znači da će, primjerice, odabirom stavke Skladišni dokument u glavnom izborniku mobilne aplikacije, *GlavnaForma* na sebi iscrta kontrolu¹² zvanu *SklaDok*.
- *GlavnaForma* presreće događaj uspješnog čitanja barkoda *skener_ScanCompleteEvent* i rezultate tog čitanja, *e.Text* i *e.Symbology*, šalje metodi *SkeniranjeGotovo* prikazane kontrole na obradu. Značenja parametara *e.Text* i *e.Symbology* su ovdje sljedeća:
 - *e.Text* jest pročitana vrijednost barkoda. Ta vrijednost može biti neki niz znamenaka, slova ili njihova mješavina.
 - *e.Symbology* jest vrsta barkoda, primjerice EAN 13, Code 39, Code 128 ili drugi.

Bitno je napomenuti da se čitanje vrijednosti vrste barkoda obavlja automatski, unutar skenera barkoda, izvan bilo koje aplikacije na mobilnom uređaju. Drugim riječima, skener barkoda će pročitati vrijednost i vrstu barkoda i automatski ispisati ove vrijednosti na bilo koje fokusirano ispisno područje na zaslonu, poput naredbenog retka ili tekstualnog editora, čak i

¹² Ovdje se riječ „kontrola“ koristi u značenju programskog objekta izvedenog iz neke klase, koji se može prikazati na zaslonu kao dio korisničkog sučelja.

ako apsolutno nikakva aplikacija nije pokrenuta na mobilnom uređaju, osim operacijskog sustava.

Zato bi skener barkoda mogao ispisati vrijednost pročitane barkoda i u tekstualno polje mobilne web aplikacije, prikazano na zaslonu mobilnog uređaja. No, ta vrijednost bi se morala obrađivati na serveru, dok bi vrsta barkoda bila izgubljena, iako bi se u većem broju slučajeva mogla odrediti iz primljenih vrijednosti. Osim toga, mobilni korisnik bi trebao "kliknuti" na svako ono tekstualno polje u kojem treba biti ispis pročitane vrijednosti barkoda. Takav postupak znatno bi usporavao rad, napose u slučajevima kada se na sučelju prikazuje više tekstualnih polja u kojima trebaju biti različite vrste barkoda, primjerice tekstualno polje za upis barkoda lokacije, vrste Code 128, s kojega se izuzima roba te tekstualno polje za upis barkoda robe, vrste EAN 13, koja se izuzima s lokacije.

Nadalje, složeniji slučajevi korištenja skenera barkoda u mobilnoj aplikaciji ne samo da su otežani, nego potpuno nemogući korištenjem web tehnologija. Na primjer, zahtjev u mobilnoj aplikaciji za skladišno-distribucijski sustav može biti takav da se mobilnom korisniku mora omogućiti pozicioniranje na robnu stavku s tabličnog popisa čitanjem njenog barkoda robe koji može, ali ne mora biti sadržan na popisu. Tako nešto potpuno je nemoguće djelotvorno riješiti web tehnologijama. Sve ostale slučajeve korištenja koje mobilna aplikacija za skladišno poslovanje može pokrivati, poput RFID metode identifikacije robe ili upisivanja složenih podataka poput potpisa kupca, također je potpuno nemoguće podržati web aplikacijom.

Metodu naziva `SkeniranjeGotovo` ima svaka kontrola koja podržava aktivnosti u kojima se rabi skener barkoda. kod metode za jedan specifičan slučaj uvida u inventarni popis jest:

```
public void SkeniranjeGotovo(string barkod, BarcodeSymbology simbologija)
{
    if (simbologija == BarcodeSymbology.Code128)
    {
        txtLokacijaOznaka.Text = barkod;
    }
    else if (simbologija == BarcodeSymbology.EAN13)
    {
        txtRobaSifra.Text = barkod;
    }
    // ...obrada nedozvoljenog barkoda...
}
```

Metoda se poziva iz objekta `GlavnaForma` ako je kontrola koja ju sadrži prikazana na sučelju. Ako je pročitani barkod tipa Code 128, onda se njegova vrijednost automatski, bez posredovanja i odlučivanja mobilnog korisnika aplikacije, ispisuje u polje za upis lokacije. Ako je pročitani barkod tipa EAN 13, onda se njegova vrijednost automatski, također bez posredovanja i odlučivanja mobilnog korisnika aplikacije, ispisuje u polje za upis barkoda. Zato ovaj kod na vrlo jednostavan i ilustrativan način otkriva moć izvršnih programa prema web aplikacijama. Prednosti su još očitije kada bi se promatrale složenije funkcionalnosti, poput već spomenutog otkrivanja robe u velikom tabličnom popisu robnih stavki, RFID identifikacije, upisa potpisa kupca i slično, ali opseg takvog programskog koda i njegovog tumačenja izlazio bi van okvira ovoga rada. Ono što je prethodno izloženo može se smatrati dovoljnom argumentacijom za tvrdnju da mobilnu aplikaciju za skladišno-distribucijsko poslovanje sigurno treba napraviti kao izvršni *smart device* program.

Korak 13: Izraditi web aplikaciju za spojene mobilne aktivnosti

Ovaj korak primjenjuje se onda ako je zaključeno da za podršku spojenim aktivnostima nije potrebno raditi izvršni *smart device* program, nego se sve zahtijevane funkcionalnosti mogu ostvariti web tehnologijama. Iako iznimno raširene u svakodnevnoj uporabi za prezentacijsko-informacijske svrhe, mobilne web aplikacije rijetko kada se koriste u mobilnim informacijskim sustavima. Njihova namjena je ponajprije servisna. Kada su mobilne web aplikacije dio informacijskog sustava poduzeća, najčešće ERP tipa (*Enterprise Resource Planning*), onda su uglavnom namijenjene elektroničkoj trgovini. Izrada mobilnih web aplikacija zapravo je poseban slučaj izrade klasičnih web aplikacija u kojemu je dodatna pažnja posvećena dizajnu malog korisničkog sučelja, svojstvenog uređajima za mobilni rad. Glavna problematika izgradnje web stranica i aplikacija namijenjenih mobilnim uređajima je:

- Kako prepoznati vrstu i osobine uređaja preko kojega se pregledava web stranica?
- Kako prilagoditi prikaz web stranice koja se pregledava preko mobilnog uređaja na način da bude što je moguće preglednija i čitljivija?

Navedena problematika zajednička je mobilnim web stranicama servisnog tipa te onima koje su dio klasičnog informacijskog sustava. Načinima njenog rješavanja bavilo se mnoštvo istraživača i softverskih inženjera, a mnoge softverske tvrtke osmislile su vlastite proizvode za tu svrhu. Tehnike za prilagodbu sadržaja (*content adaptation*) detaljno su opisane u [21, 107], [78] i [61, 209]. Veći broj alata za prilagodbu aplikacijskog sadržaja, namijenjenih softverskim inženjerima, nalazi se u Microsoftovoj biblioteci System.Web.Mobile za ASP.NET i opisano je u [44]. Glavna ideja tih tehnika i rješenja jest:

- Razdvojiti prezentacijski sloj namijenjen prikazu na "velikim" računalima od onoga namijenjenog prikazu na mobilnim uređajima. Drugim riječima, prema paradigmi troslojne arhitekture, treba napraviti dva prikazna sloja naslonjena na isti poslovni i podatkovni sloj.
- Uvesti sadržajni adapter (*content adapter*), softver koji, na temelju prepoznate vrste i osobina mobilnog uređaja i njegovog web preglednika, prilagođava zatraženu web stranicu konkretnom mobilnom uređaju s kojega je zatražena stranica. Na primjer, to znači da će neki sadržaj isporučen običnom mobilnom telefonu biti u obliku WML-a, dok će isti taj sadržaj isporučen Pocket PC-ju biti u obliku HTML-a. Osim toga, oblici WML-a odnosno HTML-a će varirati u skladu s mogućnostima mobilnog uređaja, rezolucijom ekrana, i tako dalje. Detaljan način funkcioniranja Microsoftovog sadržajnog adaptera opisan je u [43].

Korak 14: Izraditi servis za mobilni pristup središnjem IS-u

Servis za mobilni pristup središnjem informacijskom sustavu jedinstvena je točka preko koje svi mobilni uređaji komuniciraju sa središnjom bazom podataka i drugim resursima središnjeg računala. Takav servis najbolje je izvesti kao web-servis. Prednost takve izvedbe jest što je oslonjena na standarde:

- web servisu se pristupa HTTP protokolom,
- podaci između servisa i klijenata (mobilnih uređaja) se razmjenjuju SOAP protokolom u obliku XML datoteka.

Zbog toga je tehnologija izvedbe klijenta neovisna o tehnologiji izvedbe web-servisa. Sama izrada web-servisa je snažno podržana raznim alatima, pa tako i u svim izdanjima Microsoftovog Visual Studija. Budući da nije specifična za mobilne informacijske sustave, ovdje nije detaljnije razmotrena.

Korak 15: Izraditi izvršni program za spojene mobilne aktivnosti

Izvršni program za spojene mobilne aktivnosti ima funkcionalnost korisničkog sučelja MobilS-a. Sa središnjom bazom podataka komunicira preko web-servisa čija je izgradnja opisana u prethodnom koraku. Postoji čitav niz tehnologija i razvojnih platformi, opisanih u poglavlju 2, kojima se može ostvariti takav program. Za promatrani primjer skladišno-distribucijskog sustava korištena je Microsoftova .NET Compact Framework 2.0 tehnologija i programski jezik C#.

Izgled jedne stvarne aplikacije za skladišno-distribucijsko poslovanje prikazan je na sljedećim slikama. Aplikacija se zove Mob Trenis, razvio ju je autor ovog rada i operativno se koristi (u vrijeme pisanja ovog rada) više od 10 mjeseci. Korisničko sučelje izvedeno je kao jedna forma koja ima višestruku ulogu:

- Predstavlja središnje mjesto s kojega se upravlja čitačem barkoda i ostalim dlanovničkim hardverom.
- Koristi se kao okvir (*container*) za upravljanje prikazom kontrola koje pokrivaju određene funkcionalnosti.
- Služi kao okvir za glavni izbornik s kojega se pristupa željenim funkcionalnostima aplikacije.

Svaki proces, pa tako i proces **Izdati robu kupcu** podržan je skupom programskih procedura. Taj skup zajednički je i drugim procesima kojima se obrađuju standardni ulazni i izlazni dokumenti u skladišno-distribucijskom sustavu. To znači da se, na primjer, otpremnica (u procesu **Izdati robu kupcu**) i primka (u procesu **Zaprimiti robu od dobavljača**) obrađuju kroz iste klase programskog koda, samo što se u ovisnosti da li je dokument ulazni ili izlazni ponešto mijenja prikaz stavki dokumenta i provjere podataka kod evidentiranja ulaza i izlaza robe, povezano s lokacijom. Zbog tog je razloga razvijena procedura **Prepoznati zahtjev** koja je dio izvršnog programa. Ona neposredno ne podržava nijedan proces sa slike 7-2, već služi za usmjeravanje prema procesu kojeg treba izvršiti skladištar na temelju primljenog naloga. Korisničko sučelje za biranje procesa uporabom procedure **Prepoznati zahtjev** prikazano je slikom 7-8.

Nakon prepoznavanja zahtjeva, to sučelje za izlazne dokumente, dakle sve one koje pokriva proces **Izdati robu kupcu**, izgleda kako je prikazano slikom 7-9. Vrlo sličan izgled je i za ulazne dokumente, dakle sve one koje pokriva proces **Zaprimiti robu od dobavljača**. Razlika je ponajprije atributima robe ispisanima u tablici. Na primjer, za ulazne dokumente nema atributa lokacije iako se, naravno, za svaku ulaznu robu može doznati lokacija smještaja ako te robe već ima na skladištu, ali to se radi kroz drugi dio korisničkog sučelja. Ostale različitosti, vidljive su samo nakon pomicanja horizontalnog scrollbara te tablice.



Slika 7-8: Korisničko sučelje za izbor procesa iz procedure Prepoznati zahtjev



Slika 7-9: Korisnička sučelja za izabrane procese izlaza robe

Prikazana sučelja su i primjer korištenja vanjskih, ne-Microsoftovih programskih biblioteka u razvoju Mob Trenisa. Bojanje tablice koja prikazuje stavke dokumenta – robu za otpremu odnosno zaprimanje – nije moguće izvesti u generičkoj Microsoftovoj kontroli zvanoj DataGrid, nego je korištena zamjenska kontrola tvrtke Resco zvana SmartGrid, iste namjene, ali snažnija (<http://resco.net/developer/mobileformstoolkit/smartgrid.aspx>).

Bojanje tablice ima iznimno važnu ergonomsku funkciju:

- Zelene stavke su one kod kojih je količina robe izuzete s lokacije jednaka traženoj.
- Žute stavke su one gdje je količina robe izuzete s lokacije manja od tražene te izuzimanje nije gotovo.
- Bijele stavke su one gdje se roba još nije izuzimala s lokacije.
- Tamnoplava stavka je ona za koju se želi evidentirati izuzimanje ili potražiti alternativne lokacije.

U uvjetima kada svaki dokument može imati mnogo stavki koje treba brzo obraditi, kodiranje bojama je od neprocjenjivog značenja. Pri tome treba paziti i na neke druge ergonomske čimbenike poput izbora boja za kodiranje koje moraju biti takve da ih mogu raspoznati i ljudi potpuno ili djelomično slijepi na boje. Također, iako u popis stavki na dokumentu nema prugastog koda, po njemu se može pozicionirati skeniranjem tog koda koji se nalazi na robi.

Korak 16: Instalirati programske komponente na radna računala

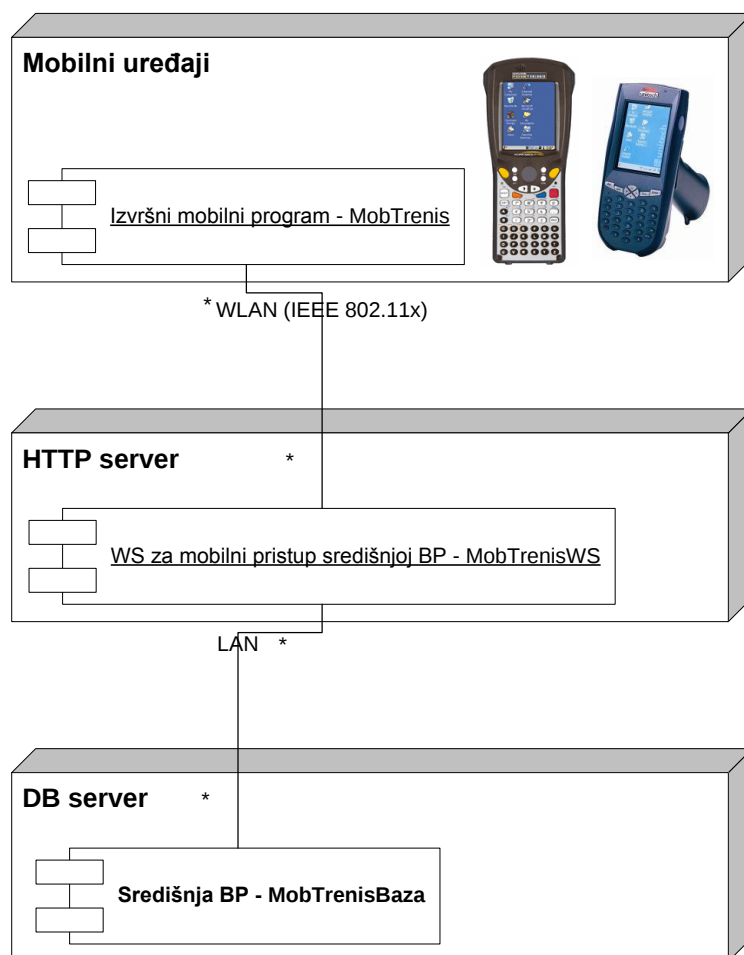
Rješenje za potporu mobilnim spojenim aktivnostima skladišno-distribucijskog sustava sastoji se od izvršnog programa za mobilne uređaje i web-servisa preko kojega taj program pristupa resursima središnjeg IS-a.

Instalacija web servisa provodi se tako da se njegov **programski kod** smješta na stacionarno računalo središnjeg IS-a, a mobilnim uređajima omogući pristup na način kako se i inače omogućava njihov pristup internetu. To se izvodi prijavljivanjem fizičke mape u kojoj je smješten programski kod na HTTP server, primjerice Microsoftov IIS ili Apache.

Instalacija mobilnog izvršnog programa provodi se kopiranjem njegove instalacijske datoteke na pojedine mobilne uređaje i njenim pokretanjem. Ta instalacijska datoteka je, u Microsoftovim tehnologijama, CAB tipa.

Koraci 17 i 18: Pokrenuti mobilne aplikacije i Pokrenuti informacijski sustav

Ovim koracima obuhvaćen je kompletan testni rad, korisnička obuka, eventualno podešavanje infrastrukture MobIS-a (primjerice HTTP servera koji omogućuje pristup web servisu za mobilni pristup središnjem IS-u) i druge aktivnosti koje nisu usko vezane uz mobilne informacijske sustave, nego uz izgradnju softvera općenito. Sve radnje koje se pri tome izvode detaljno su opisane u koracima 17 i 18 metodike RMP. Konačni rezultat testiranja i usklađivanja svih komponentata mobilnog i konvencionalnog informacijskog sustava je raspoređivanje provjerenih programskih komponentata na raspoloživu hardversku opremu. Za razmatrani skladišno-distribucijski sustav to je predloženo slikom 7-10 koja predstavlja shemu raspodjele (*Deployment Diagram*) hardverskih i softverskih komponentata razvijenog informacijskog sustava.



Slika 7-10: Shema raspodjele komponenta za skladišno-distribucijski sustav

Tijek razvoja opisan u ovom potpoglavlju odnosi se na slučaj kada se mobilne aktivnosti mogu podržati programskim komponentama za spojeni (*on-line*) rad jer su u razmatranom skladišno-distribucijskom sustavu postojali tehnički uvjeti za uspostavljanje pouzdane bežične veze između mobilnih uređaja i resursa središnjeg informacijskog sustava. To odgovara koracima 12 do 15 metodike. Slučaj razvoja programskih komponenta za potporu mobilnim aktivnostima u otpojenom (*off line*), što odgovara paralelnoj grani metodike koja obuhvaća korake 9 do 11, biti će razmotren u sljedećem potpoglavlju.

7.2 Informatička potpora za otpojeni rad

U ovom će potpoglavlju biti opisana tehnička izvedba MobIS-a za otpojeni rad za slučaj uporabe mobilnih tehnologija u policijskom upravljanju i nadzoru prometa. Opis tehničke izvedbe pokrivat će one korake metodike raspoznavanja mobilnih procesa koji su ispušteni u prethodnom potpoglavlju. To su koraci 9 do 11 koji predstavljaju paralelnu razvojnu granu jer se predložena metodika nakon koraka 8 nastavlja u dva paralelna smjera. Treba napomenuti da paralelizam odnosi na razvoj programskih komponenta što ne mora značiti da se rezultati razvoja po te dvije grane kod upotrebe međusobno isključuju. Dapače, u značajnom broju organizacijskih sustava moraju egzistirati rješenja koja mobilnim korisnicima omogućavaju rad bez obzira na to da li je u određenom trenutku moguće uspostaviti i održavati kvalitetnu vezu s resursima središnjeg IS-a. Upravo je ova situacija predstavljena trećom dimenzijom DP matrice na slici 5-1.

Paralelna grana metodike, čija će primjena ovdje biti objašnjena, obuhvaća:

- Korak 9: Oblikovati bazu podataka za mobilne uređaje
- Korak 10: Podesiti sinkronizacijske mehanizme
- Korak 11: Izraditi program za otpojeni mobilni rad

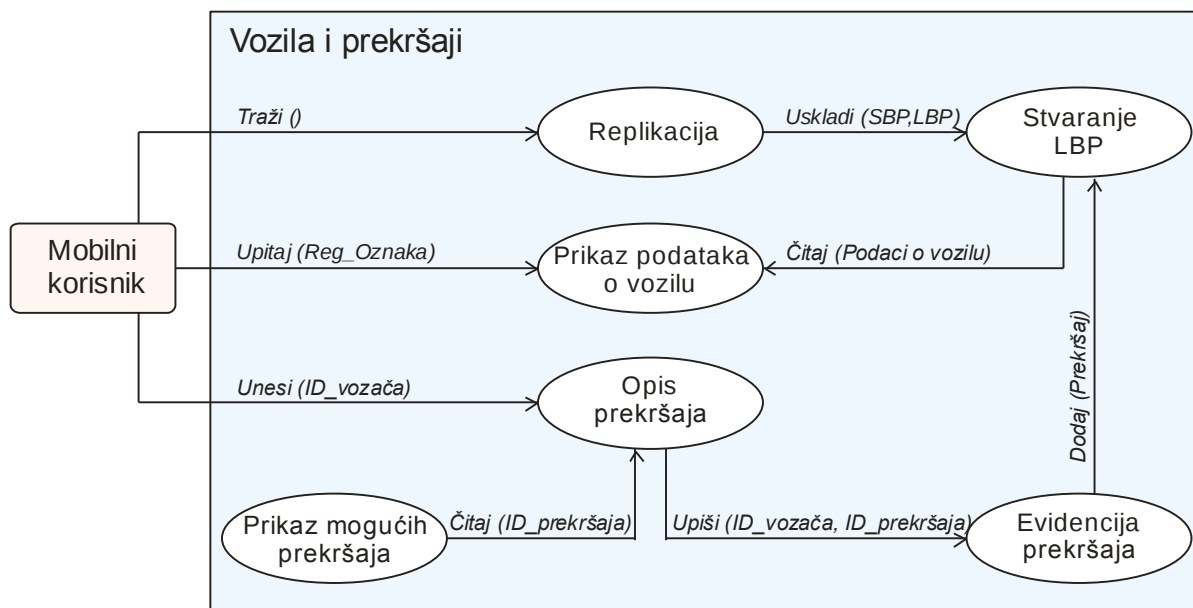
Osim ovih koraka, još će biti detaljnije objašnjen korak 8, **Razlučiti funkcionalnosti za spojeni i otpojeni rad**, s obzirom da odluka o spojenom ili odspojenom načinu rada rezultira različitim odlukama u pogledu izbora hardverske opreme i softvera.

Ovdje prikazano rješenje za otpojeni rad odnosi se na dvije moguće i vrlo česte aktivnosti u radu bilo koje prometne policije:

- Identificirati vozila koja treba isključiti iz prometa zbog prestanka važenja registracije ili nekih drugih razloga i
- Evidentirati prometni prekršaj u trenutku njegovog nastanka.

Model aplikacije *Vozila i prekršaji* koja podržava te dvije aktivnosti prikazan je metodom *use case* na slici 7-11. Ideja za opisani primjer proizašla je iz jednog razvojnog projekta, koji se izvodio na Fakultetu organizacije i informatike za potrebe MUP-a RH. Iako isporuka ovakvog rješenja nije bila dio projektnog zadatka, autor ovog rada je, kao poslijediplomand na FOI-ju, izveo ovaj primjer kako bi se lakše prikazale stvarne mogućnosti upotrebe suvremenih mobilnih tehnologija i na području prometa.

U ovom primjeru mobilni korisnik je djelatnik prometne policije opremljen dlanovnikom. Njegova je dužnost nadzirati promet i sudionike u prometu na cestama u relativno širokom krugu od nekoliko desetaka kilometara. Na nekim dionicama moguće je uspostaviti bežičnu vezu s središnjom bazom podataka o vozilima, ali ne nekima nije ili pak veza nije dovoljno pouzdana pa stoga on mora imati mogućnost obaviti navedene aktivnosti i u otpojenom načinu rada. Prije izlaska na teren policijski djelatnik će sa svojeg dlanovnika pokrenuti funkciju *Replikacija*, pomoću koje će sa središnjeg IS-a ažurirati lokalnu bazu podataka na dlanovniku podacima o onim vozilima prema kojima treba djelovati dok je na terenu. Ti podaci odnose se na popis vozila kojima je istekla registracija ili koja treba zaustaviti iz nekih drugih razloga. U trenutku kada želi provjeriti neko vozilo, policajac preko dlanovnika upisuje registarski broj vozila, pokreće funkciju *Prikaz podataka o vozilu* te djeluje prema vozilu i njegovom vozaču u skladu sa značenjem prikazanih podataka.



Slika 7-11: Model aplikacije Vozila i prekršaji

Druga funkcionalnost koja se traži od gornje aplikacije odnosi se na evidenciju prometnih prekršaja i eventualnu naplatu kazni. U trenutku kada uoči prekršaj, djelatnik prometne policije će preko dlanovnika upisati identitet vozača i pokrenuti funkciju *Opis prekršaja*. Ova funkcija najprije automatski pokreće funkciju *Prikaz mogućih prekršaja* radi bržeg i točnijeg opisa prekršaja, a zatim funkciju *Evidencija prekršaja* koja kompletira zapis o prekršaju i dodaje ga u lokalnu bazu podataka. U istom se trenutku mogu pokrenuti još neke dodatne funkcionalnosti, primjerice izdavanje potvrde o plaćenju kazni ako je prekršaj takve prirode da se kazna može naplatiti odmah na mjestu prekršaja, ali te dodatne funkcionalnosti nisu od značaja za razmatranje razvoja mobilnih aplikacija za potporu aktivnostima u otspojenom radu pa nisu prikazane na slici 7-11.

Korak 8: Razlučiti funkcionalnosti za spojeni i otspojeni rad

Za ovaj korak bit će kratko opisan samo odabir softvera i hardverske otpreme za razvoj i pokretanje MobIS-a za potporu otspojenim aktivnostima. Za model aplikacije *Vozila i prekršaji* korišten je slijedeći softver na dlanovniku:

- Microsoft SQL Server CE za upravljanje mobilnom bazom podataka. SQL Server CE je verzija Microsoftovog SQL Servera za mobilne uređaje (iako je najnovije verzije moguće pokrenuti i na stolnom računalu). Osim SUBP-a, sadrži i upravljačku konzolu Query Analyzer te SQL Server CE Client Agent koji omogućuje razmjenu podataka između središnjeg IS-a i mobilne baze podataka.
- Aplikacija za rad sa podacima iz mobilne baze podataka. Ta je aplikacija ima funkcionalnost i korisničko sučelje prikazano slikama 7-15a do 7-15b.
- .NET Compact Framework (jer je aplikacija iz prethodne točke razvijena korištenjem .NET tehnologije).

Na serverskoj strani jedna od mogućih konfiguracija je ovakva:

- Operacijski sustav iz Windows Server skupine.
- Microsoft SQL Server 2000 ili noviji, za upravljanje središnjom bazom podataka.

- IIS (*Internet Information Services*) web server verzije 5.0 ili novije te SQL Server CE Server Agent. Te dvije komponente omogućuju razmjenu podataka između središnje i mobilne baze podataka te moraju biti instalirane na istom računalu.
- Microsoft ActiveSync 3.71 ili noviji za podršku fizičkom spajanju dlanovnika i računala, ako se dlanovnik spaja na stolno računalo preko USB-a ili serijskog ulaza.

Treba primijetiti da Apache server u ovom slučaju ne može biti alternativa IIS-u stoga što nema podržanu mogućnost replikacije podataka. Samim time, serversku stranu ne može više pokretati Linux, barem ne u trenutnu pisanja ovog rada (ljetu 2008).

Za razvoj se može koristiti Visual Studio 2005 ili 2008 te .NET Compact Framework, uz eventualne vanjske programske biblioteke poput OpenNETCF ili SDK-ova proizvođača konkretnih uređaja.

Korak 9: Oblikovati bazu podataka za mobilne uređaje

Mobilna baza podataka za aplikaciju *Vozila i prekršaji* izvedena je na temelju "velike" baze podataka namijenjene smještaju na servere središnjeg IS-a. Takva će baza podataka imati slijedeća svojstva koja je bitno znati tijekom oblikovanja baze podataka za mobilne uređaje:

- Obuhvaćat će mnoštvo relacijskih shema, za sve funkcionalnosti cjelokupnog informacijskog sustava.
- Svaka relacijska shema sadržavat će veliku količinu podataka, također nužnu svim funkcionalnostima cjelokupnog informacijskog sustava.

Ta dva čimbenika uvjetuju nemogućnost jednostavnog seljenja stacionarne baze podataka na mobilni uređaj zbog ograničenog memorijskog kapaciteta takvih uređaja. Slutimo da će takav slučaj biti i u budućnosti iako će se mogućnosti mobilnih uređaja nesumnjivo povećavati. Ukupno s mogućnostima mobilnih uređaja, rast će i mogućnosti klasičnih računala i baza podataka. Budući da će se potreba za bilježenjem podataka i dalje povećavati, taj će čimbenik, zajedno sa spomenutim rastom performansi softvera i hardvera, opet uzrokovati takvo povećanje složenosti i opsega baza podataka da će za mobilne uređaje budućnosti svejedno trebati raditi posebne, "olakšane" i kompaktne verzije stacionarnih baza podataka.

Za izradu kompaktnih baza podataka stoga treba primijeniti mehanizme opisane u [8] kako bi se one prilagodile smještaju na mobilne uređaje i osposobile za replikaciju opisanu u koraku 10 metodike raspoznavanja mobilnih procesa. Uz to treba voditi računa u ograničenjima konkretnih sustava za upravljanje bazom podataka koji će biti korišteni u stvarnom radu mobilnih uređaja. Ovdje se ta pažnja odnosi na Microsoftov SQL Server CE.

Zbog svega navedenog, baza podataka za mobilne uređaje treba obuhvaćati samo neke relacijske sheme (redukcija), samo neke attribute unutar relacijskih shema (projekcija) i samo neke zapise (selekcija). Osim toga, vrlo često se struktura mobilne baze podataka u smislu referencijalnih integriteta, to jest međusobne povezanosti relacijskih shema, razlikuje od strukture "velike" baze podataka, što je izravna posljedica redukcije relacijskih shema.

Za potrebe ovog rada, ilustracija mobilne baze podataka proizlazi iz primjera predložene baza podataka Ministarstva unutarnjih poslova te s njom povezane otvorene baze podataka registracije vozila (OBPRV). Slikom 7-12 prikazan je jedinstveni logički model tih baza podataka.

Relacijske sheme prikazane su pravokutnicima koji u gornjem dijelu sadrži naziv sheme. Ispod su ispisani atributi. Atributi uz koje je oznaka * poprimaju vrijednosti definirane katalogom, pri čemu niti jedan katalog nije ovdje prikazan radi preglednosti slike. Atributi uz koje je oznaka id čine primarni ključ.

Predložena mobilna aplikacija Vozila i prekršaji ima dvije glavne funkcionalnosti:

- Provjera neregistriranosti vozila – obavlja se temeljem crne liste. Crna lista je mehanizam spomenute selekcije podataka te znači da mobilna baza podataka sadrži podatke samo o onim vozilima za koje je trebala biti obavljena registracija, a nije.
- Evidencija vozačkih prekršaja i kazni

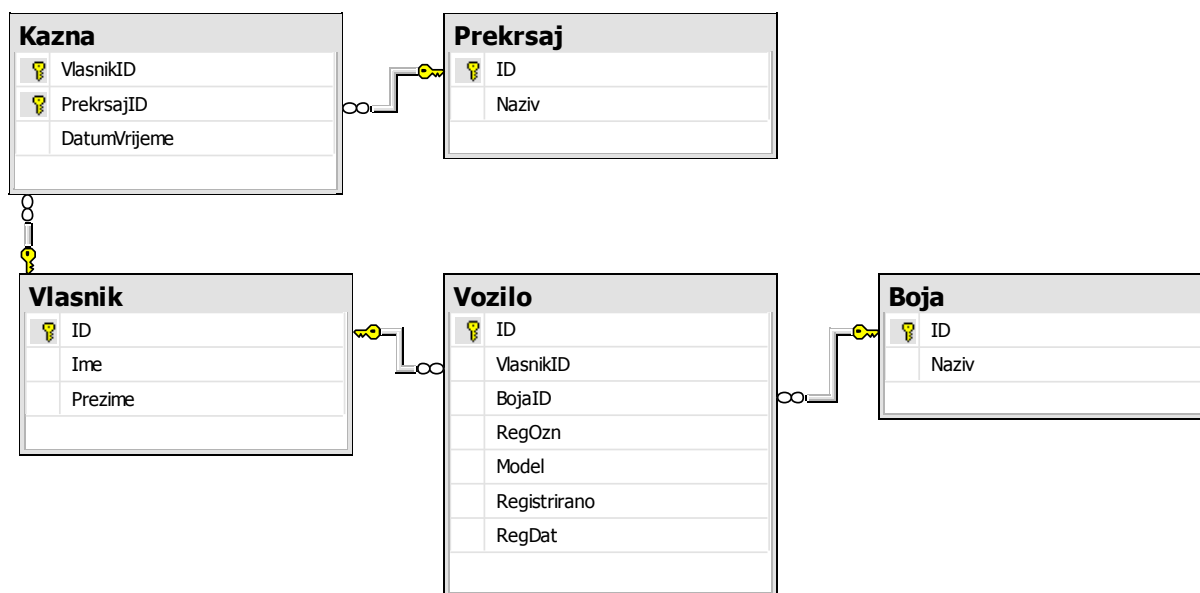
Za navedene funkcionalnosti dovoljni su osnovni podaci o:

- vozilu
- vlasniku vozila
- konkretnoj izrečenoj kazni

Mobilna relacijska shema te podatke dobiva se projekcijom odgovarajućih atributa iz selektiranih relacijskih shema:

- Vozilo
- Fizička osoba, Pravna osoba te Vlasništvo
- Događaj u prometu

Slika fizičkog modela mobilne baze podataka može izgledati kako je prikazano slikom 7-13. Osim navedenih relacijskih shema, uvedeni su i katalogi prekršaja te boje automobila.



Slika 7-13: Mobilna baza podataka za aplikaciju Vozila i prekršaji

Sustavi za upravljanje mobilnim bazama podataka (MobSUBP) ne podržavaju pohranjene procedure (*stored procedures*), niti poglede (*views*), niti funkcije, barem ne u trenutku pisanja ovoga rada. Služe isključivo kao spremište podataka (*data storage*) i zato, za razliku od "velikih" SUBP-ova, ne mogu obuhvaćati poslovnu logiku. Stoga se sve radnje s podacima u mobilnim bazama izvode SQL upitima izravno iz mobilnih programa. Na primjer, generiranje upita za provjeru da li je vozilo registrirano izgleda ovako:

```

DataSet ds = new DataSet("RegVozilo");
string strLocalDBFile = @"Program Files\PolicijskaPatrola\PolicijskaPatrola.sdf";
SqlCeConnection conn = new SqlCeConnection("Data Source=" + strLocalDBFile);
SqlCeDataAdapter da;

string strUvjet = "";
if (strRega.Length > 0)
{
    if (strUvjet.Length > 0)
    {
        strUvjet = strUvjet + " AND ";
    }
    strUvjet = strUvjet + " RegOznake = '" + this.txtRega.Text + "' ";
}

string strSQL =
    "SELECT Vozilo.VoziloID, Vozilo.RegOznake, Vozilo.Model, " +
    "KatBoja.Naziv AS Boja, Vozilo.Registriran, Vozilo.DatReg, " +
    "Vlasnik.Ime AS VlasnikIme, Vlasnik.Prezime AS VlasnikPrezime " +
    "FROM KatBoja RIGHT OUTER JOIN " +
    "Vozilo ON KatBoja.BojaID = Vozilo.BojaID " +
    "LEFT OUTER JOIN Vlasnik ON Vozilo.VlasnikID = Vlasnik.VlasnikID " +
    "WHERE " + strUvjet;

try
{
    conn.Open();
    da = new SqlCeDataAdapter(strSQL, conn);
    da.Fill(ds, "vwProvjeriVozilo");
}
catch (Exception exc)
{
    this.txtRez.Text = exc.ToString();
}
finally
{
    conn.Close();
}
return ds;

```

Korak 10: Podesiti sinkronizacijske mehanizme

Korišteni mehanizam razmjene podataka između mobilne i središnje baze podataka naziva se replikacija. Osim replikacije, postoji još jedan način razmjene podataka između baza podataka nazvan *Remote Data Access* (RDA). Taj mehanizam ima neke prednosti spram replikacije, kao što je veća brzina izvođenja i manji zahtjevi za računalnim resursima, ali nije toliko svestran, konfigurabilan i upotrebljiv poput replikacije.

Postavljanje mobilne baze podataka s onim podacima iz središnjeg IS-a koji su mobilnom korisniku nužni za obavljanje njegovog terenskog posla te uporaba mehanizma replikacije, odgovori su na zahtijevanu funkcionalnost podrške otspojenim procesima po kojoj mobilni korisnik mora moći obavljati svoj posao i onda kada nije moguće uspostaviti trenutnu vezu dlanovnika sa središnjim IS-om. Replikacija funkcionira na sljedeći način:

- Središnja baza podataka je izdavač (*publisher*). Izdavač objavljuje publikaciju koja sadrži podatke – članke (*articles*).
- Izdavač definira pretplatnike (*subscriber*) i stvara pretplate (*subscription*).
- Pokreće se replikacija i sinkroniziraju se podaci između pretplatnika i izdavača.

Postoji više vrsta replikacija sa raznim opcijama, mogućnošću uvođenja distributera, i tako dalje, ali ovaj algoritam ih sve općenito opisuje. Navedeni poslovi mogu se obaviti

pokretanjem odgovarajuće SQL skripte u Query Analyzeru ili iz Enterprise Managera, upravljačke konzole SQL Servera, korištenjem odgovarajućeg čarobnjaka (*wizard*).

Proces replikacije podržava takvu razmjenu podataka između pretplatnika i izdavača u kojoj se ne mora razmjenjivati kompletan sadržaj središnje baze podataka, nego samo neke relacije (redukcija), samo neki atributi unutar relacija (projekcija) i samo neki podaci (selekcija). Ta svojstva omogućuju da se sa središnje na mobilnu bazu podataka prebacuju samo oni podaci koji su potrebni policijskom djelatniku za njegov terenski posao.

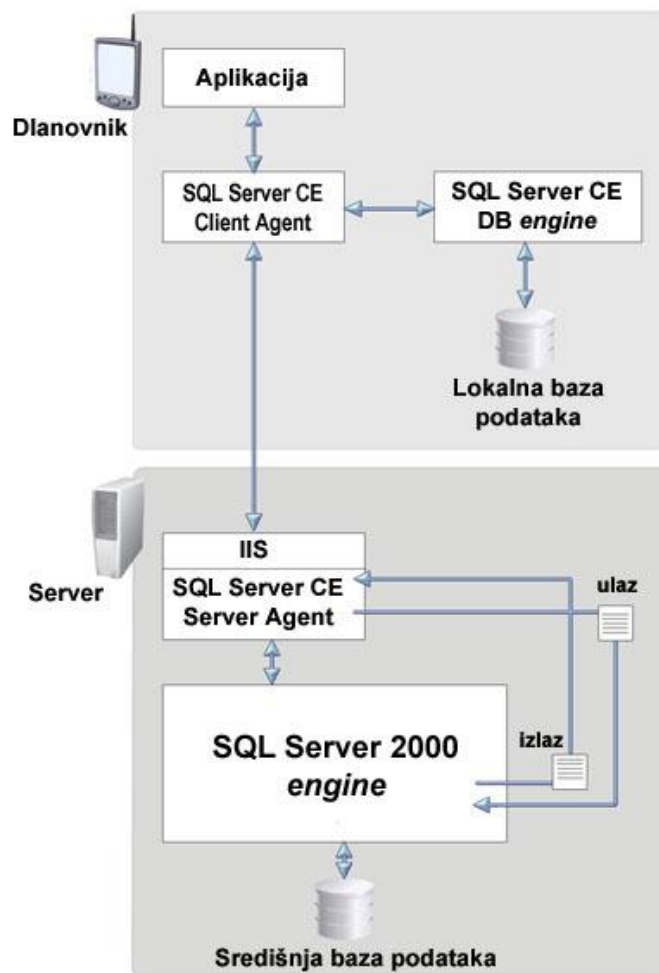
Za sinkronizaciju podataka između mobilne baze podataka (pod upravom SQL Servera CE) i središnje baze podataka (pod upravom SQL Servera) replikacija mora imati ove značajke:

- Mora biti *merge* tipa i specificirana za sinkronizaciju sa SQL Serverom CE.
- Mora omogućavati anonimnu pretplatu.
- Mora omogućavati *pull* način distribucije, odnosno pokretanje replikacije na zahtjev pretplatnika (ovdje policijskog djelatnika preko mobilnog uređaja).

Replikacija tipa *merge* mora biti dvosmjerna, što znači da se podaci mogu prebacivati kako s mobilne na središnju bazu podataka, tako i obratno. Takva replikacija zato omogućava uspješnu provedbu promjena i ažuriranje središnje baze podataka transakcijama koje je napravio mobilni korisnik, odnosno u ovom slučaju policijski djelatnik s terena. Izdavač, sukladno zadanim pravilima, mora voditi brigu o rješavanju konflikata do kojih bi moglo doći ako dva različita mobilna korisnika pokušaju istovremeno ažurirati iste podatke o vozilima ili vozačima koje su preuzeli sa središnje baze podataka na svoje mobilne baze podataka. Shema replikacije prikazana je slikom 7-14.

Sa te slike je vidljivo da se lokalna baza podataka na dlanovniku (LBP) sinkronizira sa središnjom bazom podataka (SBP) uspostavljanjem HTTP veze SQL Servera CE prema SQL Serveru preko IIS-a. Na taj se način mogu koristiti IIS-ove usluge prepoznavanja (*authentication*) i ovlašćivanja (*authorization*). SQL Server CE Client Agent na dlanovniku zapravo poziva SQL Server CE Server Agent na serveru koji je izveden kao dll datoteka imena *sscesa20.dll* smještena u virtualnom direktoriju.

Iako su ovdje nabrojane sve potrebne sinkronizacijske postavke za serversku stranu, takve postavke moraju se postaviti i na klijentskoj strani, dakle u programu na mobilnom računalu. Naime, *pull* način distribucije implicira da se na mobilnom uređaju, u sklopu mobilne aplikacije, mora napraviti programski kod koji će zatražiti i pokrenuti replikaciju. Izrada tog koda opisana je u slijedećem koraku.



Slika 7-14: Arhitektura replikacije

Prilikom replikacije, treba obratiti posebnu pažnju i na sigurnosne mehanizme. Postoje dva sigurnosna sloja na koje dlanovnik nailazi tijekom replikacije: IIS-ov sigurnosni sustav i sigurnosni sustav SQL Servera. Pristup SQL Server CE Server Agentu (utjelovljenom u sscesa20.dll datoteci u virtualnom direktoriju) moguć je samo nakon uspješnog prepoznavanja od strane IIS-a. Slično tome, pristup SQL Server CE Agentu središnjoj bazi podataka i pokretanje replikacije mogući su samo nakon uspješnog prepoznavanja od strane SQL Servera.

IIS podržava slijedeće načine prepoznavanja:

- Anonimna, kod koje se korisnika ne provjerava. Pogodna je za testiranje ili za korištenje u okviru lokalne mreže gdje nisu potrebne sigurnosne provjere.
- Osnovna (*basic*), kod koje se korisničko ime i lozinka šalju u tekstualnom obliku. To se prepoznavanje može koristiti u svim mrežnim okruženjima, ali ako se korisničko ime i lozinka šalju preko Interneta, potrebno ih je dodatno zaštititi SSL-om (*Secure Socket Layers*).
- Windows prepoznavanje je najsigurnije jer se korisničko ime i zaporka šalju kriptirani. Međutim, ono radi samo ako su Pocket PC, IIS i SQL Server unutar istog LAN-a i na istoj Windows domeni. Takvo prepoznavanje neće raditi kroz vatrozidove (*firewall*) i proxyje, niti ako su SQL Server 2000 i IIS smješteni na različitim računalima.

SQL Server podržava slijedeće načine prepoznavanja:

- SQL Server autentikacija, zvana još i standardna i miješana (*mixed*) autentikacija. U ovom načinu, SQL Serveru se šalje nekriptirano korisničko ime i lozinka. Pogodnost joj je to što se sigurnosne postavke baze mogu podesiti neovisno o postavkama IIS-a i operacijskog sustava.
- Windows autentikacija. Najsigurnija, korisničko ime i zaporka su kriptirani i nigdje u kodu se ne vide. Preporuča ju Microsoft.

U uvjetima odvijanja replikacije preko lokalne mreže, dovoljna je anonimna IIS autentikacija kombinirana sa bilo kojom od SQL Serverovih autentikacija. Ako se pak želi veći stupanj sigurnosti, najbolji je izbor kombinacija osnovne IIS autentikacije sa Windows autentikacijom na SQL Serveru. Ako se replikacija obavlja preko javnih mreža, onda korisničko ime i lozinku koji se šalju IIS-u treba dodatno kriptirati.

Korak 11: Izraditi program za otpojeni mobilni rad

Vanjski izgled sučelja mobilne aplikacije koja bi podržavala operativne aktivnosti djelatnika prometne policije kao izrazito mobilnog korisnika prikazan je na slikama 7-15a do 7-15b. Prva slika prikazuje korisničko sučelje za pokretanje funkcije *Replikacija*, druga mogući skup podataka nakon izvođenja funkcije *Prikaz podataka o vozilu* prikazanih na zaslonu dlanovnika, a treća slika sadržaj dlanovnika prije zapisivanja prekršaja u lokalnu bazu podataka pomoću funkcije *Evidencija prekršaja*.



Slika 7-15: Replikacija (a), identifikacija vozila (b) i evidencija prekršaja (c)

Prethodno opisana rješenja nisu specifična samo za točno određeno funkcionalno područje, aplikaciju *Vozila i prekršaji*, nego predstavljaju model rješavanja zahtjeva iz svih djelatnosti gdje se mobilne aktivnosti provode otpojeno. Minimalna tražena funkcionalnost za takve djelatnosti jest:

- Mobilni korisnik mora raspolagati točnim i svježim podacima o stanju objekata koje nadzire te ažurirati neke podatke o njima u trenutku nastanka određenog događaja.

- Ako iz nekog razloga nije moguće uspostaviti trenutnu vezu sa središnjim IS-om, onda bi mobilni korisnik trebao kasnije, primjerice pri kraju radnog vremena ili nakon povratka u sjedište svoje organizacije, sinkronizirati promijenjene podatke sa zapisima u bazi podataka središnjeg IS-a.

Kako je rečeno u opisu koraka 10, replikacija podataka pokreće se s mobilne aplikacije, smještene na dlanovniku. Programski kod za tu funkciju je slijedeći:

```
// Putanja do baze podataka na dlanovniku i deklaracija replikacijskog objekta
string strLocalDBFile = @"Program Files\VozilaPrekrsaji\VozilaPrekrsaji.sdf";
System.Data.SqlServerCe.SqlCeReplication repl = new SqlCeReplication();

// URL od sscesa20.dll - SQL Server CE Server Agent.
repl.InternetUrl = "http://Imoen/Dlanovnik/sscesa20.dll";

// Anonimna IIS autentikacija - prazno korisničko ime i lozinka.
repl.InternetLogin = string.Empty;
repl.InternetPassword = string.Empty;

// Naziv servera - izdavača i baze podataka s kojom se sinkronizira dlanovnik.
repl.Publisher = "Imoen";
repl.PublisherDatabase = "VozilaPrekrsaji";

// Naziv publikacije.
repl.Publication = "VozilaPrekrsajiPublikacija";

// SQL server autentikacija za pristup bazi.
repl.PublisherSecurityMode = SecurityType.DBAuthentication;
repl.PublisherLogin = "sa";
repl.PublisherPassword = "sa";

// Konekcija na bazu na pretplatniku - dlanovniku.
repl.SubscriberConnectionString = "Data Source=" + strLocalDBFile;

// Imenovanje pretplatnika.
repl.Subscriber = "MojDlanovnik";

// Smjer replikacije - dvosmjerna. Jednosmjerna bi bila:
// repl.ExchangeType = exchangeType.Upload.
repl.ExchangeType = ExchangeType.BiDirectional;

try {
    // Za prvu replikaciju, na dlanovniku se stvara pretplata uz stvaranje baze.
    if (enumSyncStatus == SyncStatus.InitSync) {
        repl.AddSubscription(AddOption.CreateDatabase);
    }
    // Ako ovo nije prva replikacija, onda se pretplata ponovno pokreće.
    if (enumSyncStatus == SyncStatus.RenitSync) {
        repl.ReinitializeSubscription(True);
    }
    repl.Synchronize(); // Izvršenje!
}
catch (Exception ex) {
    // Kod za obradu greške...
}
finally {
    repl.Dispose(); //Uništenje replikacijskog objekta.
}
```

Prethodni programski kod je zbog jasnoće prikaza pojednostavnjen pa nisu poštivana neka pravila objektnog programiranja. U gornjem primjeru se vrijednosti izravno dodjeljuju replikacijskoj varijabli, dok bi se u profesionalno izvedenom programu to dodjeljivanje izvelo preko neke druge varijable koja sadrži odgovarajuću vrijednost. Na primjer, umjesto `repl.InternetUrl = <string> treba repl.InternetUrl = <varijabla koja sadrži string>.`

U ovom potpoglavlju prikazan je, dakle, postupak razvoja programskih komponenata kojima će se podržavati mobilne aktivnosti u otspojenom načinu rada. Prema predloženoj metodici spajaju se u koraku 16 rezultati ove razvojne grane s rezultatima razvoja programskih komponenata za spojeni način rada pa su završni koraci 17 i 18 za razvoj cjelovitog MobIS-a zajednički i već opisani u potpoglavlju 7.2.

7.3 Osvrt na Hipotezu 1

Do uključivo ovog poglavlja pokazano je slijedeće:

- Postoje razne metode i tehnike projektiranja informacijskih sustava.
- Neke od tih metoda, opisanih u poglavlju 4, pružaju dobru osnovu za izgradnju metodike projektiranja mobilnih informacijskih sustava, no same po sebi nisu dovoljne za takav poduhvat stoga što u njih nije ugrađeno razlikovanje mobilnih procesa od stacionarnih.
- U svrhu dopune metoda i tehnika, opisanih u poglavlju 4, za podršku izgradnji mobilnih informacijskih sustava, osmišljene su i vlastite metode ili su pak dopunjene postojeće. Novosti i dopune su slijedeći:
 - Izrada DP matrice (korak 4 metodike raspoznavanja mobilnih procesa).
 - Dopuna BPD-a tako da se crtanom konturom grupiraju mobilni procesi (korak 5 metodike raspoznavanja mobilnih procesa).
 - Dopune matrice procesa i klasa podataka na način da redovi matrice predstavljaju aktivnosti, a stupci relacijske sheme s kojima rade te aktivnosti (korak 7 metodike raspoznavanja mobilnih procesa).
 - VSDB pristup za oblikovanje malih mobilnih baza podataka za potrebe otspojenog rada.
- U poglavlju 2 prikazan je tablični pregled razvojnih alata za mobilni softver.
- Kroz stvarne primjere, u ovom poglavlju je ilustrirana primjena metodike raspoznavanja mobilnih procesa to jest razvoj tipičnih mobilnih informacijskih sustava.

Pokazalo se da takav slijed koraka metodike raspoznavanja mobilnih procesa opisuje jednako dobro postupke razvoja programskih komponenata za spojeni i otspojeni rad te da se može povezati s postupcima projektiranja i razvoja klasičnog IS-a jer je MobIS uvijek njegov dio. Razvojnim alatima za mobilni softver moguće je pak i izvesti projekt MobIS-a te ga pretvoriti u radnu aplikaciju, što je demonstrirano na dva primjera. Smatra se, dakle, da je dokazana Hipoteza 1 ovoga rada koja glasi:

Postojeće metode i tehnike modeliranja poslovnih procesa mogu, uz određene dopune, podržati modeliranje onih poslovnih procesa za čije su izvođenje potrebne mobilne tehnologije.

Osim toga, kroz semantiku DP kocke pokazano je da primjena mobilnih tehnologija ima pravi smisao onda ako je MobIS povezan s konvencionalnim informacijskim sustavom to jest ako mobilni korisnici imaju spojeni ili otspojeni pristup do središnjih resursa organizacije. Zato metodika u jednom svom dijelu ima dvije paralelne grane i obje su važne ne samo teoretski već i u praktičnoj primjeni jer mobilnu potporu treba osigurati kako u uvjetima kada postoji pouzdana, on-line veza mobilnog korisnika prema središnjem IS-u, tako i onda kada takvu vezu nije moguće uspostaviti.

8 Analiza učinaka mobilnih informacijskih sustava

Problem mjerenja uspješnosti informacijskih sustava i utvrđivanja učinaka korištenja novih informacijskih i komunikacijskih tehnologija dugo je u središtu pažnje akademske javnosti, gospodarstvenika i softverskih inženjera. Mobilne tehnologije su relativno nove pa je i radova na temu uspješnosti njihove primjene relativno malo. U objavljenim radovima prepoznatljiva su tri različita metodološka pristupa za utvrđivanje učinaka korištenja mobilnih informacijskih sustava koji se uvjetno mogu nazvati: pojedinačni, pregledni i modelski.

Pojedinačni pristup polazi od analize pojedinih poslovnih slučajeva (*case study*) u kojima autori opisuju rješenja zasnovana na mobilnim tehnologijama u različitim poslovnim područjima i prikazuju neposredno ostvarene učinke. Takvi su prikazi uglavnom kvalitativni i interpretativni, kao [45] za policijske poslove, javnu upravu [19], zračni promet [48] ili bankarstvo [3]. Ako se učinci iskazuju kvantitativno, onda se koriste uobičajeni poslovni pokazatelji kao što su vrijeme trajanja ili troškovi izvođenja procesa.

Pregledni pristup zasniva se na analizi korištenja većeg broj sličnih mobilnih aplikacija na jednom poslovnom području iz čega se onda izvlače opći zaključci o postignutim učincima. Takav pristup prisutan je u radu poput [56] koji prezentira učinke primjene mobilnih tehnologija u turizmu, ili pak u radu [37] u kojem se daje široki pregled mogućnosti korištenja mobilnih tehnologija u raznim poslovnim područjima.

Prva dva pristupa su u suštini retrospektivna jer prikazuju učinke mobilnih tehnologija kakvi su uočeni ili izmjereni na mobilnim sustavima koji su razvijeni i korišteni u razdoblju koje je prethodilo analizi. Treći ili modelski pristup usmjeren je na utvrđivanje mogućih učinaka primjene mobilnih tehnologija u sustavima koji se tek namjeravaju razviti i uvesti. Objavljenih radova ove vrste ima vrlo malo, nisu specifični za mobilne IS-ove i upućuju na procjenu očekivanih učinaka korištenjem strukturnih [42] i simulacijskih [22] modela.

Metoda predložena u radu [42] temelji se na činjenici da se svaki model procesa može prikazati graфом te da se kompleksnost grafa kao stroge matematičke forme može točno izračunati. Metoda implicira sljedeći misaoni postupak za izbor dobrog rješenja: ako je funkcionalnost nekog procesa moguće prikazati u više varijanti, onda je bolja ona varijanta čiji je graf manje kompleksan. Ovaj se postupak može primijeniti i na mobilne procese, ali ga ima smisla provoditi samo ako su sve varijante grafa za isti proces vrlo složene i međusobno se znatno razlikuju. Takvi se uvjeti pojavljuju kod temeljitog preustroja poslovnih procesa, pri čemu uvođenje mobilnih tehnologija može biti jedan od razloga za preustroj.

Simulacijski postupak također se zasniva na činjenici da se svaki poslovni proces može prikazati grafičkim modelom koji se može interpretirati kao takozvana proširena Petrijeva mreža. Primjena Petrijevih mreža u modeliranju poslovnih procesa i simulaciji na takvom modelu dobro je opisana u literaturi, primjerice [66]. Načela modeliranja poslovnih procesa prema BPMN-u zasnivaju se na teoriji Petrijevih mreža. Koncept luka (*Arc*) iz Petrijeve mreže odgovara slijednoj vezi u BPD-u, kombinacijom konceptata mjesta (*Place*) i prijelaza (*Transition*) ostvaruje se funkcionalnost procesa u BPD-u, a oznaka (*Token*) može predstavljati poslovni slučaj koji se simulira na modelu poslovnog procesa. Ovakav pristup daje snažno uporište za primjenu simulacije kod izračuna učinaka mobilnih poslovnih procesa, pa će se dalje koristiti u nastavku ovog poglavlja.

8.1 Simulacija mobilnih poslovnih procesa

Računalna simulacija na modelu je dobar način za istraživanje ponašanja složenih sustava. Posebno je to važno kod organizacijskih sustava koji su vrlo složeni te rade u promjenljivim uvjetima i uz dinamički utjecaj velikog broja čimbenika koje u stvarnim poslovnim uvjetima nije moguće kontrolirati. Simulacijski model omogućava takav način istraživanja ponašanja originalnog sustava gdje istraživači imaju potpun nadzor nad svim varijablama čiji utjecaj istražuju. Nadalje, učinak provedbe bilo kakvog unapređenja u poslovnim procesima realnog sustava može se registrirati samo u realnom vremenu, što najčešće znači tek za nekoliko mjeseci ili godina. Nasuprot tome, istraživanjem na modelu može se procijeniti učinak namjeravanih promjena već nakon nekoliko dobro odabranih simulacijskih pokusa. I na kraju, simulacijom na računalnom modelu može se ispitati više "što-ako" scenarija i procijeniti ekonomska opravdanost ulaganja u namjeravane promjene poslovnih procesa prije nego se pokrene skupi i dugotrajni investicijski postupak.

Naravno, preduvjet za svako istraživanje na modelu je izgradnja vjerodostojnog modela. O tome postoji opsežna literatura te je detaljnije razmatranje te problematike izvan neposrednih ciljeva ovog rada. Može se općenito reći da je neki simulacijski model dobar onda ako se vrijednosti istraživanih varijabli, utvrđenih simulacijom na modelu, statistički signifikantno podudaraju s rezultatima koje je originalni sustav postigao u nekom prošlom razdoblju, a za koje postoje objektivno utvrđene vrijednosti istraživane varijable. Naravno, ovo vrijedi uz pretpostavku da se simulacija na modelu izvodi s onim ulaznim vrijednostima koje su registrirane kao ulazne vrijednosti u realni sustav tijekom simuliranog vremenskog razdoblja.

S obzirom da Petrijeve mreže jednako čine teorijsku osnovicu za modeliranje poslovnih procesa po BPMN-u kao i za simulaciju zbivanja u tako modeliranom procesu, to većina najnovijih softverskih alata za modeliranje poslovnih procesa ima ugrađenu simulacijsku komponentu. Kod nekih alata ta je komponenta njihov redoviti sastavni dio, a kod drugih se pojavljuje kao dodatak osnovnom alatu. Dobar pregled najnovijeg stanja softverskih alata za modeliranje i simulaciju procesa, kao u [32], može se naći u tekstovima priznatih autora u ovom području, koji se pojavljuju na adresi www.bptrends.com kao redoviti godišnji prilozi.

Za potrebe ovog rada korišten je već spomenuti IBM-ov alat WebSphere Business Modeler, ver. 6.0.2 s ugrađenom simulacijskom komponentom. Detaljan opis njegovih funkcionalnosti nalazi se u [69], a ovdje dajemo samo kratak pregled značajki njegovog simulacijskog dijela korištenog za izradu ovog poglavlja. U simulacijskom dijelu alat omogućava:

- Postavljanje i ispitivanje većeg broja "što-ako" scenarija radi izbora najpovoljnijeg.
- Provedbu simulacije na bazi slučajnih brojeva, vjerojatnosti izbora slijednog tijeka ili na bazi uvjeta određenih vrijednostima nekih podataka u modelu.
- Dodjeljivanje resursa aktivnostima, pri čemu resursi mogu biti ljudi, strojevi, materijali, uloge, uređaji, i tako dalje, a njihova je količina ograničena pa se troše pojedinačno ili neograničena.
- Korištenje dodatnih atributa za opis svojstava aktivnosti kao što su vrijeme trajanja, trošak ili prihod,
- Korištenje distribucijskih funkcija za vrijeme trajanja aktivnosti ili zauzeća resursa.
- Određivanje učestalosti, distribucije i ukupnog broja poslovnih slučajeva (*tokens*) kojima će se provesti simulacija.

- Grafičku simulaciju simulacijskog tijeka.
- Simultano prikupljanje i prikaz svih rezultata simulacije, ali uz njihovo istovremeno pohranjivanje radi kasnije statističke analize.

Podaci prikupljeni simulacijom su vrlo opsežni i detaljni, omogućavaju kvalitetnu analizu procesa i korištenih resursa a sadrže između ostalog: početak, kraj i prolazno vrijeme svake instance procesa generirane tijekom simulacije (*token*, poslovni slučaj), prosječno vrijeme trajanja svih poslovnih slučajeva, broj aktiviranja svakog resursa, pojedinačno zaposjedanje resursa za pojedinu instancu procesa, prosječno vrijeme zaposjedanja resursa, i tako dalje.

Metodom simulacije analizirati će se dalje u ovom poglavlju procesi izabranog skladišno-distribucijskog sustava u dvije varijante: kako su se ti procesi izvodili kada su bili podržani procedurama klasičnog ili stacionarnog informacijskog sustava i kako će se odvijati kada budu podržani novim mobilnim tehnologijama.

8.2 Način dokazivanja učinaka MobIS-a

Vezano za učinke mobilnih informacijskih sustava postavljena je na početku ovog rada istraživačka hipoteza H2 koja glasi:

Mobilne tehnologije mogu smanjiti složenost poslovnog procesa i pojednostavniti poslovnu tehnologiju.

Ova će se hipoteza dokazivati usporedbom dviju najvažnijih značajki svakog poslovnog procesa (pojam procesa egzaktno je definiran u poglavlju 3) za koje će se dalje koristiti opća oznaka P_i . Za ovo istraživanje izabrane su dvije temeljne značajke:

- Trajanje procesa T_i , $i=1,2,\dots,m$, gdje je m ukupan broj procesa u nekom sustavu.
- $R_{i,j}$, $j=1,2,\dots,n$, gdje je j ukupan broj resursa koji se koristi u nekom organizacijskom sustavu tako da je $R_{i,j}$ količina j -tog resursa koji se troši u i -tom procesu. U nekom procesu P_i ne moraju se koristiti svi evidentirani resursi iz skupa R_j .

Odabir ovih značajki nije slučajna: one predstavljaju opće parametre prema kojima se mogu uspoređivati različiti procesi ili različite verzije istog procesa, a ekonomisti će, koristeći egzaktno utvrđene vrijednosti tih parametra, moći izračunati ekonomske pokazatelje za isplativost ulaganja u unapređenje ili preustroj poslovnih procesa.

Očekivani učinci uvođenja mobilnih tehnologija ovdje će se računati postupno po koracima, na sljedeći način:

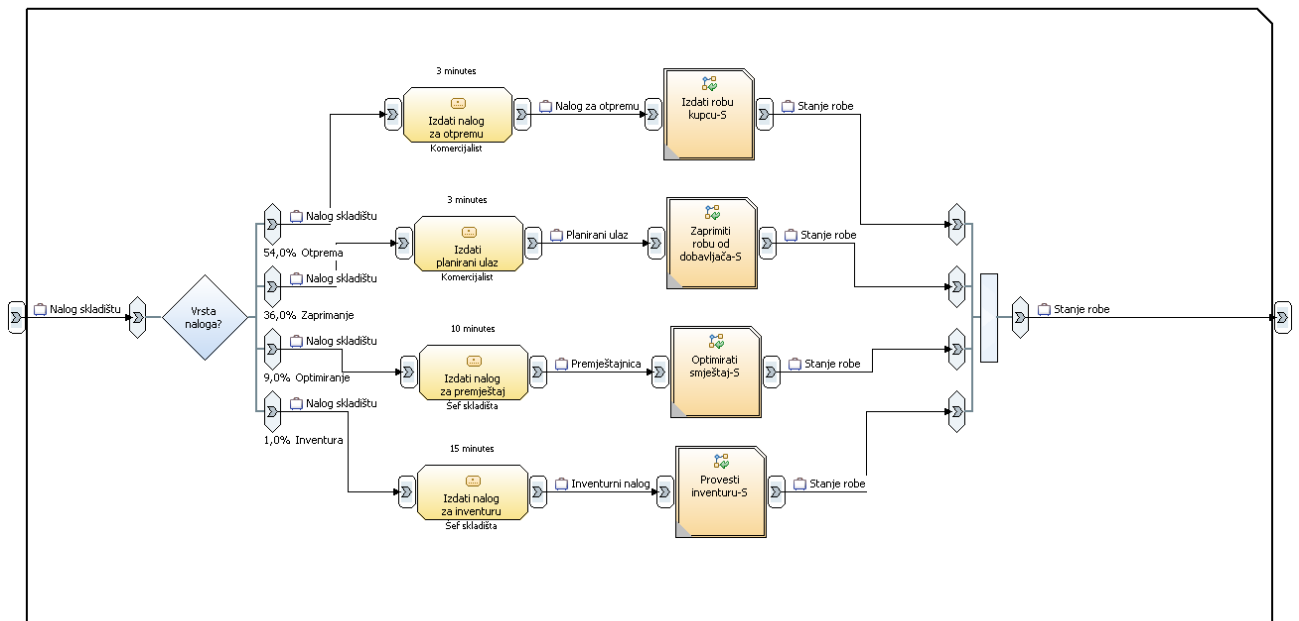
- Za odabrane poslovne procese izraditi će se BPD koji pokazuje kako se ti procesi izvode ako su podržani procedurama klasičnog (stacionarnog) informacijskog sustava. Radi lakše identifikacije da se radi o sadašnjem načinu rada takvi će procesi imati uz naziv sufiks **S**.
- Simulacijom će se odrediti vrijednosti T_i^S i R_j^S za te procese.
- Predložit će se i kratko opisati unapređenje istih procesa uvođenjem mobilnih tehnologija u njihove pojedinačne aktivnosti i izraditi novi BPD koji će pokazivati kako će se ti procesi tada izvoditi. Radi lakše identifikacije da se radi o novim i unaprijeđenim procesima, oni će uz svoj naziv imati sufiks **N**.
- Simulacijom će se odrediti nove vrijednosti T_i^N i R_j^N za nove, mobilnim tehnologijama unaprijeđene varijante tih procesa.

- Na kraju će se izraditi usporedbena analiza na temelju dobivenih vrijednosti T_i^S , R_j^S , T_i^N i R_j^N te izvesti zaključci o učincima mobilnih tehnologija.

Cijeli ovaj postupak biti će proveden na primjeru stvarnog skladišno-distribucijskog sustava, čiji su fizički izgled i način funkcioniranja već kratko opisani na početku poglavlja 7.

8.3 Postojeći način rada skladišno-distribucijskog sustava

Globalni model procesa skladišno-distribucijskog sustava, čiji je sadašnji način djelovanja kratko opisan u poglavlju 7, prikazan je modelom procesa na slici 8-1



Slika 8-1: Globalni model procesa skladišno-distribucijskog sustava

Procesima u skladišno-distribucijskom sustavu upravlja organizacijska jedinica **Komercijala**. Ona komunicira eksterno s kupcima i dobavljačima te interno sa skladištem. Od kupaca prima narudžbe, izdaje naloge za otpremu, izdaje račune nakon što je prodana roba otpremljena sa skladišta i naplaćuje prodano. Dobavljačima šalje narudžbe radi obnavljanja zaliha, planira prijem naručene robe, prima račune dobavljača i plaća ih nakon izvješća iz skladišta da je primljena prethodno naručena roba. Sa skladištem komunicira interno tako da šalje *Nalog skladištu*, u kojem je određeno za koju vrstu robe treba provesti kakvu skladišnu transakciju. U skladišno-distribucijskom sustavu odvijaju se dakle četiri paralelne grane, a u svakoj od njih izvršava se po jedna aktivnost i jedan temeljni (*core business*) proces i to:

- Izdati robu kupcu
- Zaprimiti robu od dobavljača
- Optimirati smještaj
- Provesti inventuru

Predmet daljnje analize u ovom radu biti će upravo nabrojeni temeljni procesi. Oni su na modelu procesa prikazani kao potproces (pravokutnik dvostrukih rubova s iskošenim gornjim desnim uglom), a pojavljuju se u dvije varijante: onakvi kako se sada odvijaju pa uz naziv procesa imaju dodatak S i kakvi će biti nakon uvođenja novih mobilnih tehnologija pa će uz

naziv imati dodatak N. Na globalnom modelu na slici 8-1 te se varijante ne uočavaju, nego će se pojaviti u njihovoj unutrašnjoj strukturi.

Radi razumijevanja općeg funkcioniranja skladišno-distribucijskog sustava, ovdje će biti opisane opće značajke navedenih procesa bez obzira na informatičku tehnologiju korištenu za potporu njihovom radu, to jest bez obzira na njihovu S ili N varijantu. Te varijante će se detaljno opisati kasnije tablično i grafički u zasebnim potpoglavljima, jer će tamo biti predmetom usporedbene analize.

Izdati robu kupcu pokreće se na zahtjev onog dijela organizacijske jedinice **Komercijala** zaduženog za prodaju i distribuciju robe (u daljnjem tekstu: prodaja). Prodaja prima upite i narudžbe kupaca i obrađuje ih, pokreće izdavanje robe kupcu te vodi sve poslove vezane za plaćanje robe koji stoga ne opterećuju skladište. Izdavanje robe pokreće se *Nalogom za otpremu*, koji je specijalizacija općenitije klase *Nalog skladištu*. Temeljem naloga za otpremu, skladišno osoblje:

- Prikuplja robu sa skladišnih lokacija radi kompletiranja otpreme.
- Prikupljenu robu odlaže na izlaznu lokaciju, s koje će ona biti isporučena kupcu.
- Ažurira novo stanje robe na skladištu.
- Daje komercijali zahtjev za dopunjavanje skladišnih zaliha ako je posljednjim izuzimanjem količina određene robe pala ispod točke naručivanja.

Ažuriranjem se stvara novo Stanje robe što za prodaju predstavlja informaciju koju će koristiti kod obrade narudžbi kupaca i nabavi radi obnavljanja zaliha.

Funkcioniranje skladišta osigurava se pravovremenim popunjavanjem potrebnih robnih zaliha. U tu svrhu, a na temelju ažurnog *Stanja robe* i predviđanja kretanja tog stanja, skladište šalje onom dijelu komercijale koji se bavi nabavom (u daljnjem tekstu: nabava) *Zahtjev za nabavu* robe. Nabava optimira količine nabavljanja i naručuje robu od dobavljača te šalje skladištu podatak *Planirani ulaz*, kao specijalizacija opće klase *Nalog skladištu*, u obliku tiskanog ili elektroničkog dokumenta. Skladišno osoblje, po *Planiranom ulazu* a nakon dolaska robe, provodi proces **Zaprimiti robu od dobavljača** kojim se:

- Isporučena roba preuzima i smješta po skladišnim lokacijama.
- Ažurira novo stanje robe, što uključuje ažuriranje količine, ali i skladišne lokacije na koju je zaprimljena količina robe odložena.

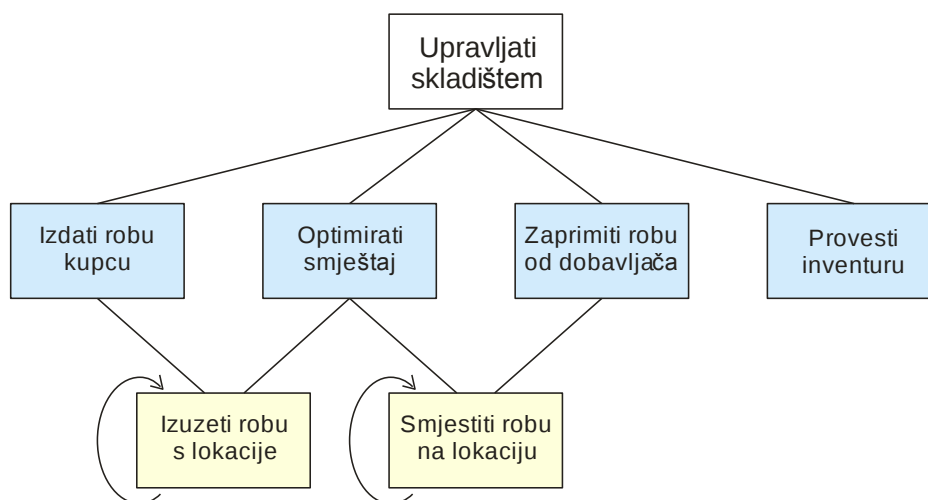
Za optimalno funkcioniranje skladišta potrebno je **Optimirati smještaj** robe. To se radi tako da šef skladišta izda *Premještajnicu* (također kao specijalizacija opće klase *Nalog skladištu*). *Premještajnicom* je određeno koju vrstu robe treba premjestiti s jedne skladišne lokacije na drugu. Može se dati u obliku tiskanog ili elektroničkog dokumenta. Važan atribut je trajanje: *Premještajnica* može važiti za nekoliko sati, cijeli radni dan ili više dana, što ovisi o internim pravilima skladišnog sustava. Po *Premještajnici*, skladištari mogu razmještati robu tako da lokacije budu bolje iskorištene ili da raspored robe bude prilagođeniji njenom prometu, na primjer da učestalije izdavana roba bude na lokacijama koje su bliže izlaznoj lokaciji.

Globalna kontrola skladišnog poslovanja provodi se redovitim inventurama. Proces **Provesti inventuru** može se odnositi na cijelo skladište ili samo na jedan njegov dio. Cilj tog procesa jest utvrditi stvarno stanje robe na skladištu i skladišnim lokacijama te s tim podatkom ažurirati skladišnu evidenciju. Postupak s inventurnim razlikama spada u opća načela

upravljanja zalihama i ne zavisi o tehnologijama za evidenciju skladišnih transakcija te se detaljnije neće razmatrati u ovom radu.

8.2.1 Modeli postojećih procesa u skladišno-distribucijskom sustavu

Model za svaki od 4 analizirana procesa sa slike 8-1 ima svoju detaljniju unutrašnju strukturu te se sastoji od više potprocesa i aktivnosti (razlika između potprocesa i aktivnosti objašnjena je u poglavlju 3). Neki su potprocesi uključeni u strukturu više procesa. Takvi se potprocesi modeliraju samo jednom, a uključuju se u strukturu svakog procesa višeg reda koji ih poziva. Za procese istraživanog skladišno-distribucijskog sustava to izgleda kao na slici ().



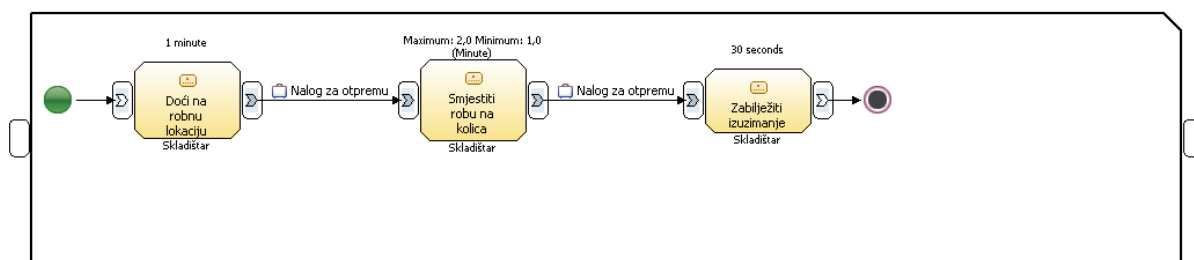
Slika 8-2: Struktura modela globalnog procesa Upravlјati skladištem

Prema gornjoj slici vidi se da se potproces **Izuzeti robu s lokacije** pozivaju dva procesa višeg reda: **Izdati robu kupcu** i **Optimirati smještaj**. Slično je i s potprocesom **Smjestiti robu na lokaciju**: njega pozivaju procesi **Zaprimiti robu od dobavlјača** i **Optimirati smještaj**. Interesantan je proces **Optimirati smještaj** koji poziva oba potprocesa. To je i logično jer svaki premještaj robe nužno znači da treba provesti sve aktivnosti izuzimanja robe s neke lokacije i aktivnosti njenog ponovnog smještavanja na neku drugu lokaciju.

Potprocesi **Izuzeti robu s lokacije** i **Smjestiti robu na lokaciju** ponavljaju se više puta, jer svaki *Nalog za otpremu* ili *Planirani ulaz* ima u pravilu više stavaka, a svaka se stavka odnosi na jednu vrst robe koju treba pripremiti za otpremu ili zaprimiti. U razmatranom skladišno-distribucijskom sustavu poznato je koliko se prosječno stavaka nalazi na svakom skladišnom dokumentu, pa je u modelu procesa za prikazivanje tog odnosa korištena petlja (*for loop*) s poznatim brojem ponavljanja. Za utvrđivanje broja ponavljanja analiziran je promet tijekom prvih 7 mjeseci 2008. godine. U tom periodu zabilježeno 21347 naloga za otpremu po kojima je otpremljeno 117970 robnih stavki što daje 5,526 vrsta robe po jednom nalogu za otpremu. Također, u navedenom je periodu provedeno 1720 planiranih ulaza, po kojima je u skladište ušlo 15128 robnih stavki što daje 8,795 vrsta robe po jednom planiranom ulazu. Stoga je kao prosječan broj ponavljanja potprocesa **Izuzeti robu s lokacije** uzeta vrijednost od 6 vrsta robe po otpremi, a kao broj ponavljanja potprocesa **Smjestiti robu na lokaciju** 9 vrsta robe po jednom zaprimanju.

Na sljedećim stranicama su prikazani potprocesi i procesi sa slike 8-2 na dva načina: grafički i tablično. Grafički prikaz izveden je u skladu s normom BPMN, korištenjem alata WebSphere

Business Modeler. Izabran je prikaz s dodatnim informacijama o aktivnostima modela: iznad pravokutnika koji prikazuje aktivnost upisano je vrijeme trajanja, a ispod naziv resursa koji se troši tijekom izvođenja. Tablični prikaz sadrži detaljniji opis procesa i njegovih aktivnosti. Proces kao cjelina opisan je u gornjem dijelu tablice podacima: naziv i detaljniji opis, verzija (**S** ili **N**), trajanje T_i te ukupni utrošak R_j j -tog resursa u i -tom procesu. Svaka aktivnost ima naziv (potcrtano) i detaljniji opis, trajanje aktivnosti te naziv i utrošak resursa koji se troši za tu aktivnost. Trajanje aktivnosti t_k i potrebni resursi određeni su analizom u stvarnom sustavu, a vrijednosti T_i i R_j dobivene su simulacijom, što je objašnjeno kasnije. Valja uočiti da se neki resurs ne mora trošiti tijekom cijelog trajanja aktivnosti. Ako je u strukturu procesa uključen drugi potproces, onda je on u tablicu upisan samo s potcrtanim nazivom, a svi njegovi podaci se nalaze u posebnoj tablici, gdje je on opisan na isti način kao i svaki drugi proces.

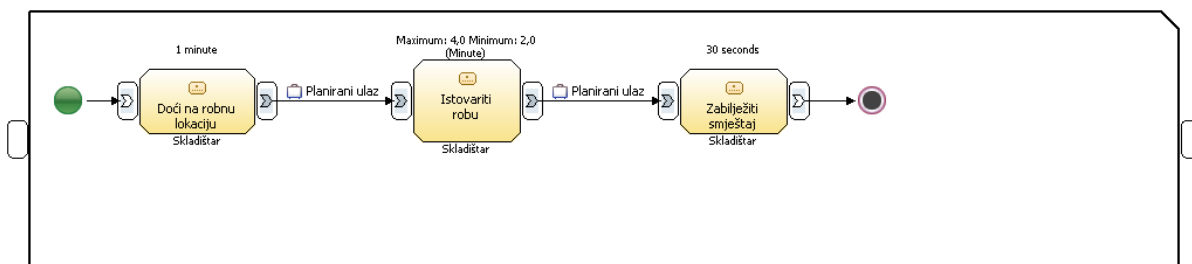


Slika 8-3: Model potprocesa Izuzeti robu s lokacije (S)

Potproces **Izuzeti robu s lokacije** je jednostavan i sastoji se od svega tri aktivnosti izvođenih u slijedu. Detaljniji opis tog potprocesa i njegovih aktivnosti nalazi se u tablici 8-I.

Tablica 8-I: Opis potprocesa Izuzeti robu s lokacije (S)

Naziv procesa: Izuzeti robu s lokacije		Verzija: S	Trajanje procesa T_i
			Ukupni utrošak resursa R_j
Fizičko izuzimanje jedne vrste robe s određene skladišne lokacije i smještaj te robe na transportna kolica. Postupak se ponavlja za svaku stavku iz skladišnog dokumenta.			2 min 54 sek $\sigma = 29 \text{ sek}$
			Skladištar: 3 min
Aktivnost ili potproces	Resurs/Utrošak	Opis aktivnosti	Trajanje aktivnosti t_k
Doći na robnu lokaciju	Skladištar	Skladištar dolazi na skladišnu lokaciju na kojoj se nalazi roba navedena u stavki skladišnog dokumenta.	1 min
Smjestiti robu na kolica	Skladištar	Izuzimanje robe iz skladišne lokacije i njen smještaj na transportna kolica.	1-2 min
Zabilježiti izuzimanje	Skladištar	Skladištar bilježi izuzimanje robe s lokacije u dispozicijsku listu radi kasnijeg ažuriranja baze podataka.	30 sek



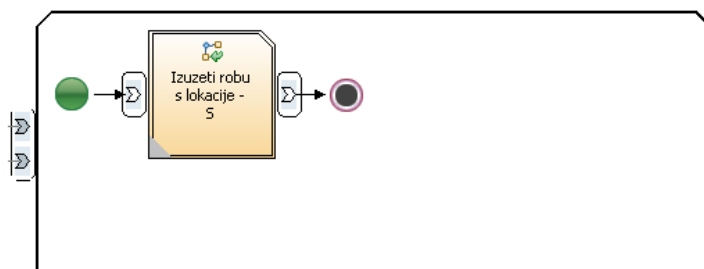
Slika 8-4: Model potprocesa Smjestiti robu na lokaciju (S)

Potproces **Smjestiti robu na lokaciju** također ima svega tri aktivnosti koje se izvode u slijedu. Detaljniji opis tog potprocesa i njegovih aktivnosti nalazi se u tablici 8-II

Tablica 8-II: Opis potprocesa Smjestiti robu na lokaciju

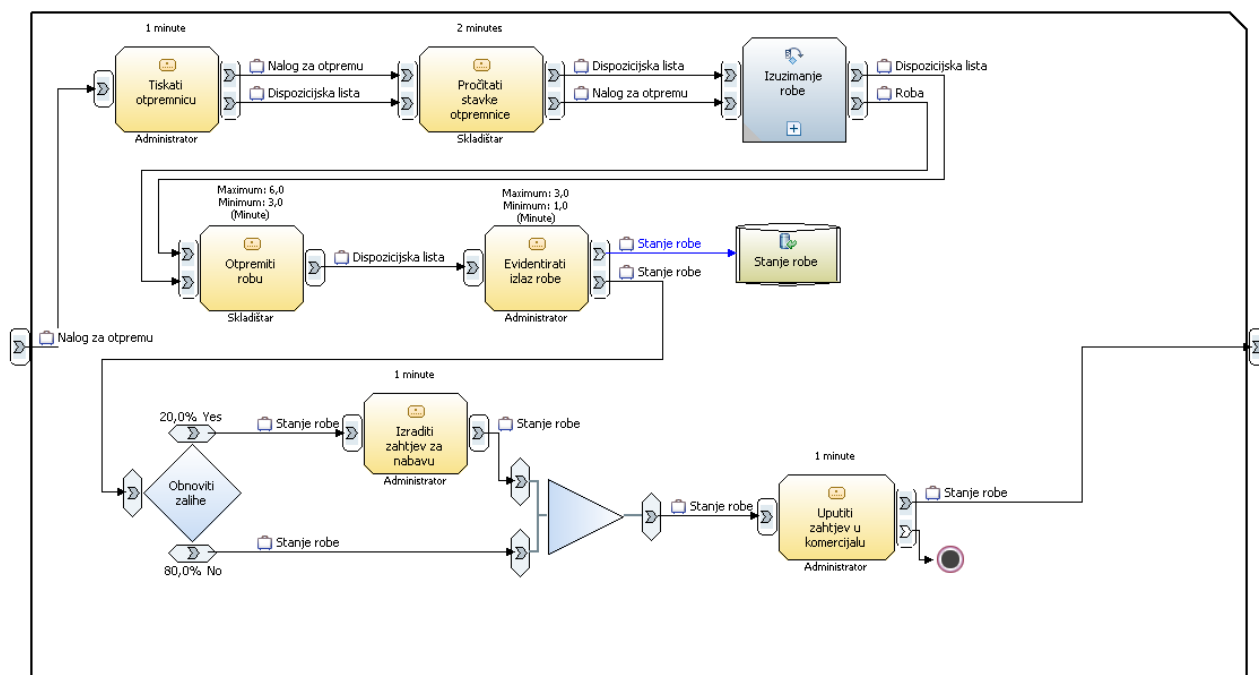
Naziv procesa: Smjestiti robu na lokaciju		Verzija: S	Trajanje procesa T_i
			Ukupni utrošak resursa R_j
Fizičko prenošenje jedne vrste robe s transportnih kolica i smještanje te robe na određenu skladišnu lokaciju. Postupak se ponavlja za svaku stavku iz skladišnog dokumenta.			4 min 33 sek $\sigma = 49 \text{ sek}$
			Skladištar: 4 min 30 sek
Aktivnost ili potproces	Resurs/Utrošak	Opis aktivnosti	Trajanje aktivnosti t_k
Doći na robnu lokaciju	Skladištar	Skladištar dolazi na skladišnu lokaciju na kojoj se nalazi roba navedena u stavki skladišnog dokumenta.	1 min
Istovariti robu	Skladištar	Istovariti robu s kolica i smjestiti je na određenu skladišnu lokaciju.	2-4 min
Zabilježiti smještaj	Skladištar	Skladištar bilježi smještaj robe na lokaciju u dispozicijsku listu radi kasnijeg ažuriranja baze podataka.	30 sek

Na prethodnim su slikama prikazani ponavljajući potprocesi. U skladu s BPMN-om, svaki od njih započinje oznakom Start, a završava oznakom Stop te se čini kao da ne komuniciraju s procesima iz kojih su pozvani. No, komunikacija ponavljajućeg potprocesa s procesom višeg reda koji ga poziva ostvaruje se preko petlje kako je prikazano na slikama 8-5 i 8-6.



Ponavljajući potproces poziva petlja **Izuzimanje robe**, zadani broj puta. Ona prima ulaz-ne poticaje od drugih aktivnosti, poziva ponavljajuće aktivnosti ili potprocese te isporučuje izlazne rezultate sljedećoj aktivnosti u slijedu. Identične modelske konstrukcije vrijede i za ostale procese.

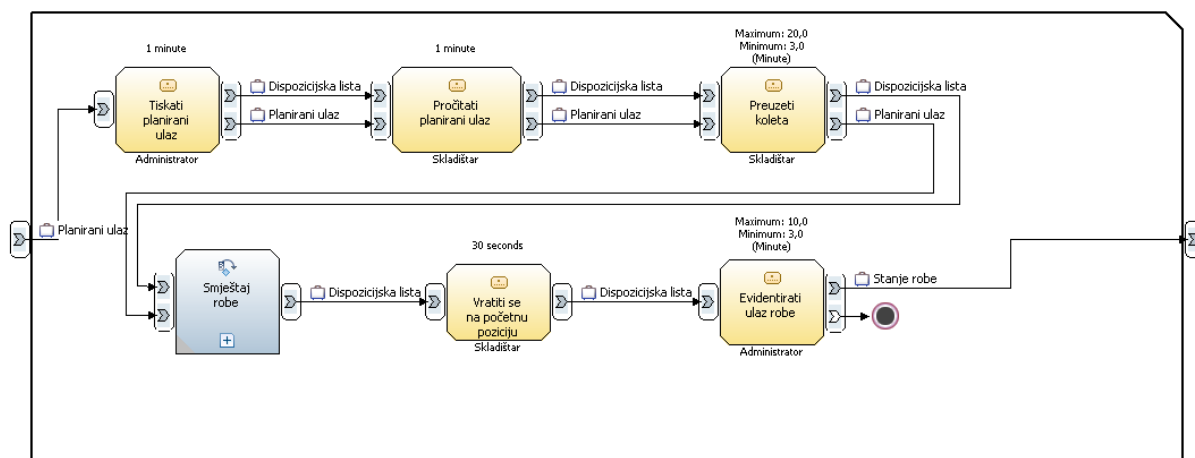
Slika 8-5: Petlja Izuzimanje robe (ponavlja potproces Izuzeti robu s lokacije)



Slika 8-6: Model procesa Izdati robu kupcu

Tablica 8-III: Opis procesa Izdati robu kupcu (S)

Naziv procesa: Izdati robu kupcu (S)		Verzija: S	Trajanje procesa T_i
			Ukupni utrošak resursa R_i
Pripremiti robu za otpremu kupcu. <i>Nalog za otpremu</i> daje prodaja. U procesu se štampa otpremnica, na temelju njezinih stavki izuzimaju pojedine vrste robe sa skladišnih lokacija i sva roba za jednog kupca odvozi na izlaznu skladišnu lokaciju. Također se evidentira skladišni promet i izrađuje zahtjev za obnavljanje one robe čija je zaliha poslije izuzimanja pala ispod minimuma.			28 min 12 sek $\sigma = 1 \text{ min } 54 \text{ sek}$
			Skladištar: 24 min Administrator: 4 min 22 sek
Aktivnost ili potproces	Resurs/Utrošak	Opis aktivnosti	Trajanje aktivnosti
Tiskati otpremnicu	Administrator	Tiskanje otpremnice i dispozicijske liste s lokacijama robe za otpremu koja služi skladištaru za lakše nalaženje robe i evidenciju izlaza.	1 min
Pročitati stavke otpremnice	Skladištar	Prepoznavanje robe koju treba izuzeti sa skladišta i pripremiti za otpremu.	2 min
Izuzeti robu s lokacije		<i>Potproces koji se ponavlja u petlji Izuzimanje robe, prosječno 6 puta.</i>	
Otpremiti robu	Skladištar	Odlaganje izuzete robe na mjesto isporuke (izlaznu lokaciju).	3 – 6 min
Evidentirati izlaz robe	Administrator	Evidencija izlaza robe ažuriranjem BP na temelju zapisa iz dispozicijske liste.	1 – 3 min
Izraditi zahtjev za nabavu	Administrator	Na temelju uvida u stanje robe izrađuje zahtjev za nabavu i šalje u komercijalu.	2 min
Uputiti zahtjev u komercijalu	Administrator	Zahtjev u papirnom obliku upućuje se internom poštom u komercijalu.	1 min

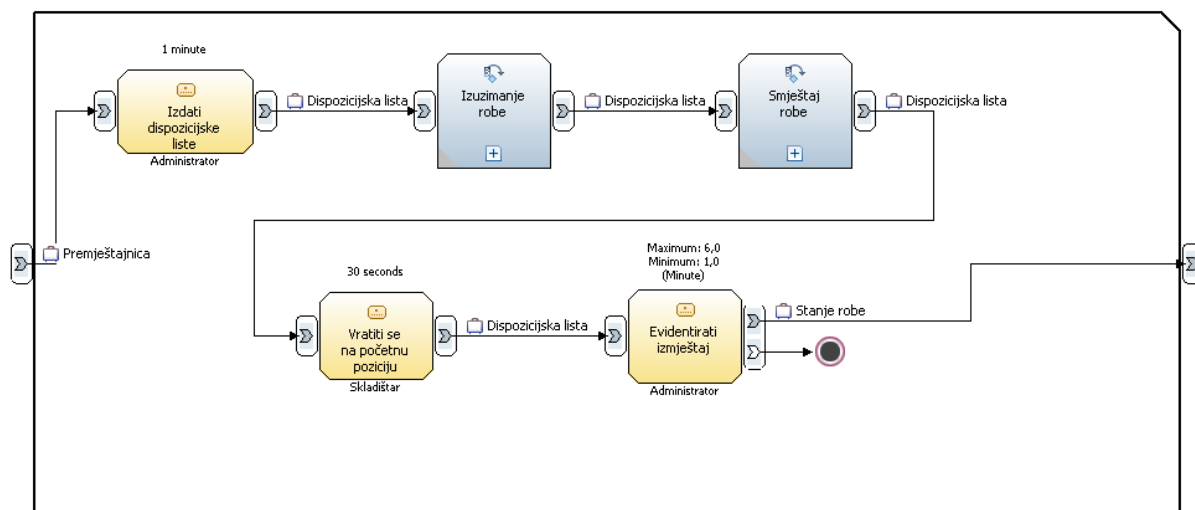


Slika 8-7: Model procesa Zaprimiti robu od dobavljača

Slično kao u prethodnom procesu i ovdje se ponavlja potproces **Smjestiti robu na lokaciju**. To je ostvareno uključivanjem petlje **Smještaj robe** u strukturu procesa. Ta petlja prima ulazne vrijednosti od prethodne aktivnosti, poziva potproces prosječno 9 puta te isporučuje izlazne rezultate sljedećoj aktivnosti u slijedu.

Tablica 8-IV: Opis procesa Zaprimiti robu od dobavljača

Naziv procesa: Zaprimiti robu od dobavljača		Verzija: S	Trajanje procesa T_i
			Ukupni utrošak resursa R_j
Proces obuhvaća poslove zaprimanja prethodno naručene robe. Dolazak robe najavljuje se skladištu dokumentom <i>Planirani ulaz</i> , koji se štampa u trenutku prispjeća robe. Štampa se također dispozicijska lista, prema kojoj skladištar zaprima i raspoređuje robu po skladišnim lokacijama i to na njoj bilježi. Po izvršenom prijemu i razmještanju evidentira se ulaz ažuriranjem baze podataka.			61 min 37 sek $\sigma = 5 \text{ min } 48 \text{ sek}$
			Skladištar: 51 min Administrator: 7 min
Aktivnost ili potproces	Resurs/Utrošak	Opis aktivnosti	Trajanje aktivnosti
Tiskati planirani ulaz	Administrator	Tiskati ulazni dokument i dispozicijske liste s predloženim lokacijama za smještaj robe. Predlažu se one lokacije koje su procijenjene kao najpovoljnije, s obzirom na popunjenost i učestalost prometa.	1 min
Pročitati planirani ulaz	Skladištar	Prepoznati robu koju treba primiti od dobavljača i razmjestiti u skladište.	1 min
Preuzeti koleta	Skladištar	Istovar robe s vozila, provjera i potpisivanje dokumentacije.	3-20 min
<u>Smjestiti robu na lokaciju</u>		<i>Potproces koji se ponavlja u petlji Smještaj robe, prosječno 9 puta.</i>	
Vratiti se na početnu poziciju	Skladištar	Povratak na početnu skladišnu poziciju, parkiranje viličara i predavanje dispozicijske liste administratoru radi evidencije ulaza.	30 sek
Evidentirati ulaz robe	Administrator	Evidencija ulaza robe ažuriranjem BP na temelju zapisa iz dispozicijske liste.	3-10 min



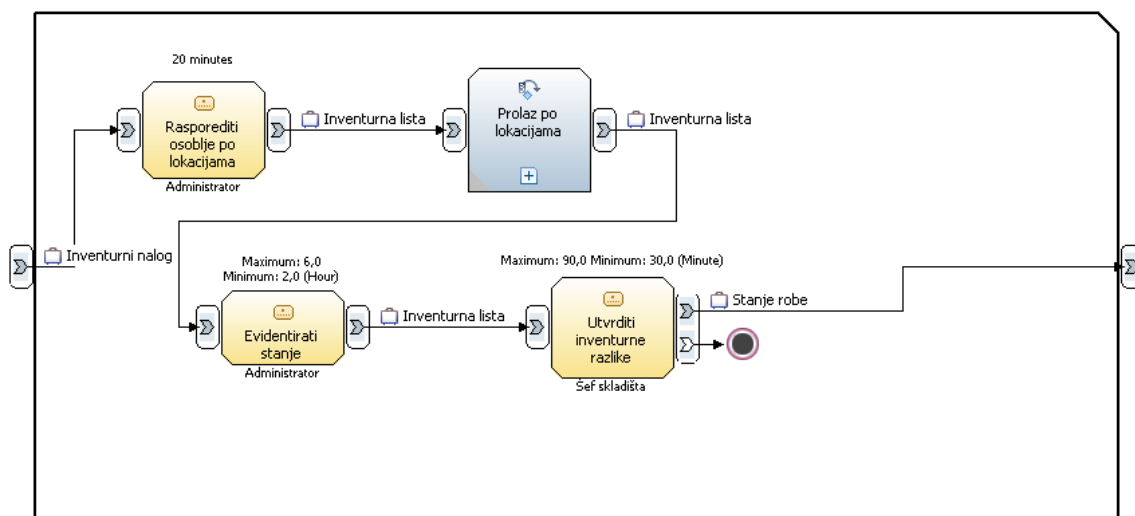
Slika 8-8: Model procesa Optimizirati smještaj

Premještanje robe izvodi se korištenjem dva potprocesa, **Izuzeti robu s lokacije** i **Smjestiti robu na lokaciju**, pozvanih iz dvije odvojene petlje. Analizom podataka utvrđeno je da je tijekom 7 mjeseci 2008. godine izdano ukupno 59 premještajnica po kojima je lokaciju promijenilo 775 robnih stavki što daje prosječno 13,136 vrsta robe po jednoj premještajnici. Stoga se u modelu procesa oba potprocesa ponavljaju u svakoj petlji po 13 puta.

Tablica 8-V: Opis procesa Optimizirati smještaj

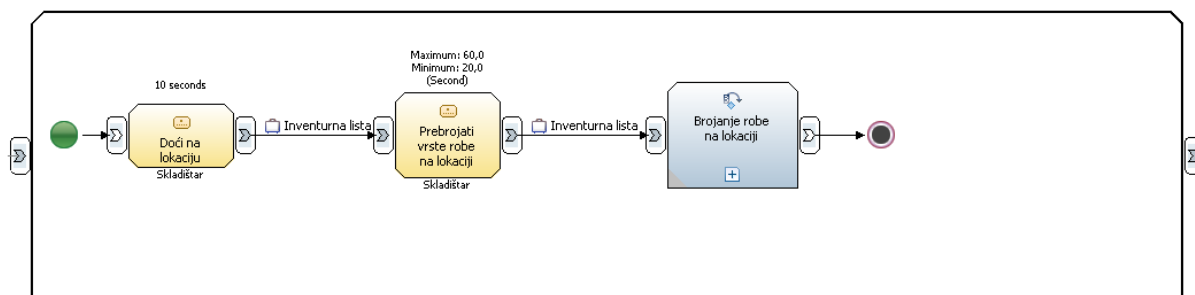
Naziv procesa: <u>Optimirati smještaj</u>		Verzija: S	Trajanje procesa T_i
			Ukupni utrošak resursa R_j
Unutarskladišni premještaj robe radi optimalnog korištenja skladišnih lokacija. Pokreće se na temelju prethodno štampane dispozicijske liste. Izvodi se kroz dva standardna potprocesa: Izuzeti robu s lokacije i Smjestiti robu na lokaciju. Baza podataka ažurira se na temelju zapisa u dispozicijskim listama.			101 min 46 sek $\sigma = 3 \text{ min } 53 \text{ sek}$
			Skladištar: 98 min Administrator: 5 min
Aktivnost ili potproces	Resurs/Utrošak	Opis aktivnosti	Trajanje aktivnosti
Izdati dispozicijske liste	Administrator	Izdavanje dispozicijske liste s podacima s koje lokacije treba premjestiti neku robu na drugu skladišnu lokaciju. Provedeni premještaj skladištar zapisuje u dispozicijsku listu radi kasnijeg ažuriranja baze podataka.	1 min
<u>Izuzeti robu s lokacije</u>		<i>Potproces koji se ponavlja u petlji Izuzimanje robe, prosječno 13 puta.</i>	
<u>Smjestiti robu na lokaciju</u>		<i>Potproces koji se ponavlja u petlji Smještaj robe, prosječno 13 puta.</i>	
Vratiti se na početnu poziciju	Skladištar	Povratak na početnu skladišnu poziciju, parkiranje viličara i predavanje dispozicijske liste administratoru radi evidencije premještaja.	30 sek
Evidentirati ulaz robe	Administrator	Evidencija premještaja robe u BP na temelju zapisa iz dispozicijske liste.	1-6 min

Inventura se u promatranom skladišno-distribucijskom sustavu izvodi brojanjem robe po lokacijama. Na jednoj lokaciji može biti više vrsta robe zbog što boljeg korištenja prostora, što znači da razne količine iste vrste robe mogu biti na različitim skladišnim lokacijama. Model procesa **Provesti inventuru** zato ima tri razine. Prva je prikazana slikom 8-9.



Slika 8-9: Model procesa Provesti inventuru na prvoj razini

Inventuru paralelno provodi veći broj ljudi. Da bi se dobilo stvarno vrijeme njenog obavljanja, treba broj lokacija podijeliti s brojem skladištara angažiranih na inventuri. Budući da 24 zaposlenika obavlja inventuru u parovima a popunjenih lokacija ima 2850, slijedi da na svaki par dolazi 238 lokacija. Stoga će broj ponavljanja u petlji **Prolaz po lokacijama** biti 238. Detaljnija unutrašnja struktura te petlje prikazana je na drugoj razini slikom 8-10.



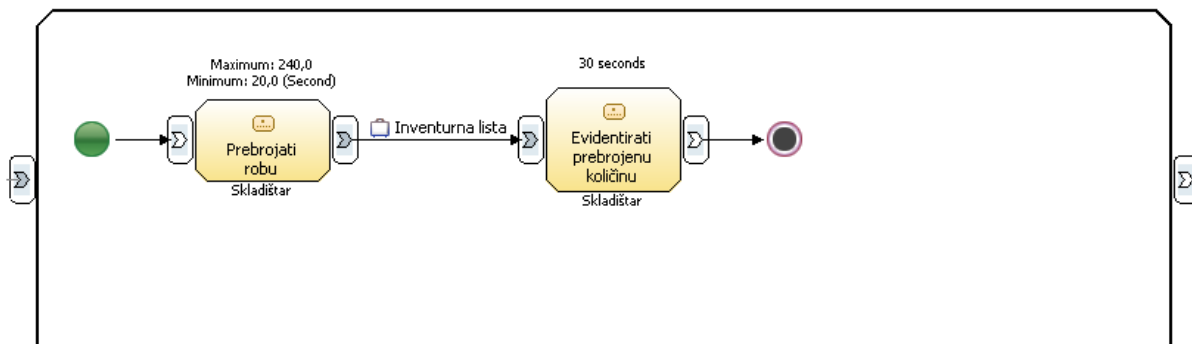
Slika 8-10: Druga razina modela – petlja Prolaz po lokacijama

Za ispravno modeliranje ovog procesa provedena je dopunska analiza podataka. Skladište je između kraja lipnja i kraja srpnja 2008. imalo u prosjeku 2850 popunjenih lokacija (od ukupno 3362) na kojima se u istom periodu nalazilo oko 8100 vrsta različite robe. Obzirom da jedna vrsta robe nije smještena na jednoj lokaciji, treba izračunati broj vrsta robe po lokacijama na temelju relacijske sheme *LokacijaRoba* sa slike 7-6. Potrebni SQL upit za to je:

```

SELECT COUNT(*) AS BrojRobnihStavkiPoLokacijama
FROM Lokacija INNER JOIN
  LokacijaRoba ON Lokacija.ID = LokacijaRoba.LokacijaID INNER JOIN
  Skladiste ON Lokacija.SkladisteOZN = Skladiste.OZN
GROUP BY LokacijaRoba.Godina
HAVING LokacijaRoba.Godina = 2008
  
```

Upit daje 9800 robnih stavki po lokacijama. Iz tog podatka te prosječnog broja popunjenih skladišnih lokacija slijedi da svaka lokacija u prosjeku sadrži 3,362 vrsta robe. Stoga se u modelu procesa **Provesti inventuru** uzima da je jedna skladišna lokacija popunjena s prosječno 3 vrste robe. To znači da će se petlja **Brojanje pojedine robe na lokaciji-S**, prikazana slikom 8-11 izvršavati tri puta.



Slika 8-11: Treća razina modela – petlja Brojanje robe po lokaciji

Tablica 8-VI: Opis procesa Provesti inventuru

Naziv procesa: Provesti inventuru		Verzija: S	Trajanje procesa T_i
			Ukupni utrošak resursa R_j
Inventura se provodi na temelju prethodno štampanih inventurnih lista, u koje skladištari upisuju stvarno stanje robe. Po završetku inventure ažurirati će se baza podataka na temelju potpisanih inventurnih lista.			40 sati 20 min $\sigma = 86 \text{ min } 21 \text{ sek}$
			Skladištar: 37h 21min Administrator: 4h 20 min Šef skladišta: 1 h
Aktivnost ili potproces	Resurs/Utrošak	Opis aktivnosti	Trajanje aktivnosti
Rasporediti osoblje po lokacijama	Administrator	Podijeliti osoblje na grupe od po dvojice skladištara. Za svaku grupu štampati inventurnu listu s popisom lokacija na kojima će grupa provesti inventuru.	20 min
Doći na lokaciju	Skladištar	Doći na jednu od lokacija na kojoj će se provesti inventura.	10 sek
Prebrojati vrste robe na lokaciji	Skladištar	Utvrditi koliko ima različitih vrsta roba na jednoj lokaciji.	20-60 sek
Prebrojati robu	Skladištar	Utvrditi količinu robe iste vrste na lokaciji. Stvarna količina se upisuje u inventurnu listu.	20-240 sek
Evidentirati prebrojenu količinu	Skladištar	Evidentirati količinu jedne vrste robe na jednoj lokaciji u inventurnu listu radi kasnijeg ažuriranja baze podataka.	30 sek
Evidentirati stanje	Administrator	Ažurirati BP podacima iz inventurnih listi. Provođi se nakon što je inventura završena i zaključene inventurne liste, za sve robe na svim skladišnim lokacijama.	2-6 h
Utvrditi inventurne razlike	Šef skladišta	Utvrditi inventurne razlike usporedbom stvarnog i evidencijskog stanja.	30-90 min

8.2.2 Rezultati simulacije postojećih procesa u skladišnom sustavu

S obzirom da je modeliranje postojećih poslovnih procesa izvedeno pomoću alata koji već ima ugrađenu simulacijsku komponentu, to je nad svim procesima, čiji je postojeći način odvijanja prikazan u prethodnoj točki ovog poglavlja, izvedena simulacija. Vremena trajanja pojedinih aktivnosti i vremena zaposjedanja potrebnih resursa utvrđena su snimanjem postojećih postupaka. Drugi parametri, kao što je prosječan broj roba po skladišnim dokumentima, izračunati su na temelju dodatnih analiza koje su kratko prikazane uz opis modela onih procesa u kojima su takvi parametri bili potrebni.

Simulacija je provedena radi provjere vjerodostojnosti modela procesa usporedbom mjerenih i simuliranih vrijednosti (što je objašnjeno u poglavlju 8.2) za zavisnu varijablu T_i . Validacija modela za zavisnu varijablu $R_{i,j}$ nije potrebna jer je korištenje resursa mjereno vremenom njihovog zaposjedanja, a zbroj vremena zaposjedanja svih resursa potrebnih za neki proces jednak je vremenu trajanja tog procesa. Neznatne razlike pojavljuju se samo zato jer se, u slučaju da je trajanje aktivnosti zadano kao uniformna statistička distribucija, vrijeme zaposjedanja resursa računa kao srednja vrijednost, a vrijeme trajanja određeno je slučajnim izborom vrijednosti iz te distribucije. Rezultati usporedbe su prikazani u tablici 8-VII.

Tablica 8-VII: Usporedba mjerenih i simuliranih vrijednosti za trajanje procesa

	Mjereno T_i^m			Simulirano T_i^s			Signifikantno za $P=0,95, t<1,96$	
	Broj mjerenja	Srednja vrijednost	σ_m	Broj simulacija	Srednja vrijednost	σ_s	S_e	t
Izdati robu kupcu	47	27,5 min	3,4 min	100	28,2 min	1,9 min	0,531	1,318
Zaprimiti robu od dobavljača	35	59,9 min	5,3 min	100	61,6 min	5,8 min	1,067	1,593
Optimirati smještaj	32	103,5 min	6,7 min	100	101,8 min	3,9 min	1,247	1,362
Provesti inventuru	5	41,9 sati	4,3 sat	12	40,3 sat	1,4 sat	1,971	0,812

U prvom dijelu tablice 8-VII pod zajedničkom nazivom *Mjereno T_i^m* , prikazane su stvarne vrijednosti trajanja za četiri analizirana procesa, dok su se oni izvodili na sadašnji način. Podaci o trajanju za prva tri procesa u stvarnom skladišno-distribucijskom sustavu utvrđeni su snimanjem vremena početka i završetka slučajno odabranih skladišnih dokumenata (*Nalog za otpremu*, *Planirani ulaz* i *Premještajnica*) koji su izdavani tijekom druge polovice 2007. godine. Podaci o trajanju inventure odnose se na redovite polugodišnje inventure koje su provedene početkom i sredinom 2006. i 2007. godine te početkom 2008. godine. Za svaki proces snimanjem je utvrđena srednja vrijednost trajanja T_i^m i standardna devijacija tog vremena σ_m i to je, zajedno s podatkom o broju takvih mjerenja, upisano na lijevoj strani tablice 8-VII. U srednjem dijelu tablice upisane su vrijednosti za T_i^s i σ_s koje su dobivene simulacijom na modelu procesa. Broj simulacijskih pokusa za vjerodostojno zaključivanje određen je prema [82] izrazom:

$$n = \frac{t^2 \cdot s^2}{\varepsilon^2} \quad (1)$$

U gornjem izrazu s je procijenjena standardna devijacija uzorka, ε tražena točnost, a t je parametar kojim je određena vjerojatnost P kojom se tvrdi da je stvarno odstupanje aritmetičke sredine manje ili jednako ε . Za $\varepsilon=0,02 \cdot T$ i $P=0,95$ (odnosno $t=1,96$) najveći

potrebni broj simulacijskih pokusa za vjerodostojno zaključivanje treba napraviti za proces **Zaprimiti robu od dobavljača** i on iznosi $n=85$. Za ostale procese taj broj je manji pa su zato simulacije za sva tri procesa koji se svakodnevno ponavljaju izvedene sa 100 poslovnih slučajeva – *tokens* u terminologiji simulacije na Petrijevim mrežama. Za proces **Provesti inventuru** je $n=11,6$, pa je za taj procesa izvedeno 12 simulacijskih pokusa.

Usporedba srednjih vrijednosti za varijablu trajanje procesa T_i provedena je pomoću t-testa za dva nezavisna uzorka. Testom se provjerava da li su razlike srednjih vrijednosti vremena trajanja procesa za dva uzorka, jednog dobivenog mjerenjem u stvarnosti, a drugog simulacijom na modelu procesa, tako male da se može smatrati kako oba uzorka pripadaju istom osnovnom skupu, a njihove razlike pripisati samo slučajnom odstupanju. Početna ili nul-hipoteza u ovom slučaju glasi:

$$H_0 \dots\dots Tim = Tis \quad (2)$$

Za testiranje gornje hipoteze o jednakosti aritmetičkih sredina dva nezavisna uzorka potrebno je izračunati standardnu pogrešku, koja se izvodi pod pretpostavkom da su njihove standardne devijacije jednake:

$$s_e = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}} \quad (3)$$

Vrijednosti izračunate po izrazu (3) upisane su za sve procese u stupac s_e tablice 8-VII. Za testiranje nul-hipoteze (2) treba najprije odrediti koliko je puta razlika između aritmetičkih sredina uzoraka veća od pogreške sadržane u njima. To se računa po izrazu (4), a izračunate vrijednosti upisane su u zadnji stupac tablice 8-VII.

$$t = \frac{T_i^s - T_i^m}{s_e} \quad (4)$$

Nul-hipoteza će biti prihvaćena ako je izračunata vrijednost parametra t manja od koeficijenta pouzdanosti za određenu razinu signifikantnosti. Za $P \geq 0,95$ koeficijent $t=1,96$. Iz tablice 8-VII se vidi da su svi izračunati koeficijenti manji od 1,96 pa iz toga slijedi da nul-hipotezu H_0 prema izrazu (2) treba prihvatiti kao točnu. Tumačenje jest: ako je, kao za prvi proces, $t=1,318$, onda površina ispod krivulje normalne razdiobe, omeđena vrijednostima $\pm t$ iznosi 0,8125. To znači da postoji vjerojatnost veća od 0,1875 da se mjerene i simulirane vrijednosti aritmetičkih sredina razlikuju više od 0,7 minuta, kolika je sada razlika između njih. Pri testiranju signifikantnosti četvrtog procesa koristi se t-razdioba zbog dosta malog uzorka.

Na temelju svega može se zaključiti da razvijeni model procesa dobro oponaša sadašnji način rada analiziranog skladišno-distribucijskog sustava, jer su razlike među srednjim vrijednostima za trajanje procesa dovoljno male da se mogu smatrati slučajnim.

Uz razvijeni model procesa potrebno je istaknuti još nekoliko napomena:

- Iako se ovdje opisani modeli temelje na stvarnom skladišno-distribucijskom sustavu realne trgovačko-proizvodne tvrtke, za potrebe ovog rada dovoljno su poopćeni pa se mogu smatrati generičkima za svaku skladišnu djelatnost sličnog tipa i
- U tom smislu, i relacijska shema skladišno-distribucijskog sustava prikazana na slici 7-6 akođer se može smatrati generičkom.

8.3 Budući način rada skladišno-distribucijskog sustava

Funkcionalnost svakog organizacijskog sustava može se stalno poboljšavati na različite načine. Nastojanje da se proizvodi i posluje brže, kvalitetnije i uz manje troškove pojavljuje se od pamtivijeka, paralelno s organizacijom proizvodnje i poslovanja. U tom nastojanju oduvijek su se koristila sva odgovarajuća znanstvena dostignuća, tehnike i tehnologije kojima je čovjek u danom trenutku raspolagao. Posljednjih stotinu godina razvile su se potpuno nove stručne i znanstvene discipline kojima je cilj da se na znanstveni i sistematičan način podrži to stalno nastojanje za unapređivanjem (*improvement*) i preustrojem (*reengineering*) proizvodnje (*production, manufacturing*) i poslovanja (*business*). Pojava računarskih znanosti i novih informacijsko-komunikacijskih tehnologija dala je snažan zamah tim novim disciplinama. O tome postoji izuzetno obimna i detaljna znanstvena i stručna literatura i još bogatija poslovna praksa. To se ne razmatra u ovom radu, ali predstavlja širi kontekst u kojem ga treba čitati.

Mobilne tehnologije, kao dio novih informacijsko-komunikacijskih tehnologija, sazrele su za široku primjenu u proizvodnji i poslovanju u posljednjih 8 do 10 godina te se njihov utjecaj na učinkovitost proizvodno-poslovnih sustava još istražuje. Stoga je cilj ovog rada dati makar mali doprinos tim saznanjima kroz razvoj metodike za projektiranje mobilnih IS-ova, što je učinjeno u poglavljima 6 i 7, i pokazati njihov utjecaj na učinkovitost djelovanja analiziranog skladišno-distribucijskog sustava. Općenito se može reći da mobilne tehnologije mogu u svakom organizacijskom sustavu pa tako i u analiziranom skladišno-distribucijskom sustavu izazvati dvije vrste promjena koje se mogu uvjetno nazvati preustroj i unapređenje.

Preustroj (*reengineering*) znači da se mijenja unutrašnja struktura poslovnog procesa: neke aktivnosti nestaju ili se spajaju, ili se pojavljuju nove, ili se mijenja slijed njihovog izvršavanja. Preustroj se odnosi na cijeli složeni proces i najbolje se vidi u modelu procesa jer on poslije preustroja postaje manje kompleksan graf. O načelima preustroja postoji opsežna literatura, primjerice [49], pa će se ovdje samo utvrditi da se preustrojem može povećati **učinkovitost** (*effectiveness*) cijelog procesa. To znači da se za istu vrijednost ulaza u proces može ostvariti veća vrijednost izlaza, ili obrnuto-isti izlaz za manju vrijednost ulaza.

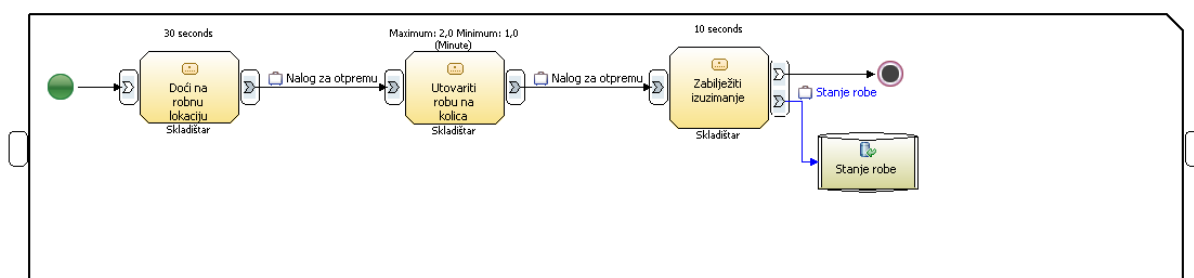
Unapređenje (*improvement*) se odnosi na aktivnosti procesa. Uz korištenje boljih tehnologija aktivnost se može izvoditi brže, kvalitetnije, jeftinije ili uz manju vrijednost utrošenih resursa. Struktura grafa na modelu procesa se ne mijenja, ali se mijenja vrijednost nekih atributa, (poput trajanja aktivnosti, vrste ili utroška resursa) unaprijeđenih aktivnosti. Dakle, unapređenjem aktivnosti mijenja se njezina **djelotvornost** (*efficiency*), to jest transformacija ulaznih u izlazne vrijednosti se odvija uz manji utrošak resursa – ako je aktivnost proizvodna, onda se u praksi kaže da se povećava produktivnost rada. Veća djelotvornost na razini aktivnosti može, ali ne mora utjecati na učinkovitost procesa: iako se svaka aktivnost kao dio procesa odvija s maksimalnom djelotvornošću, to još uvijek ne znači da će cijeli proces biti učinkovitiji, ako je slijed aktivnosti takav da ima paralelnih putova, suvišnih aktivnosti ili nepotrebnih zastoja.

U ovom će se radu učinak upotrebe mobilnih tehnologija procijeniti na modelu procesa. To će biti izvedeno tako da će za onaj isti skladišno-distribucijski sustav čiji je model procesa analiziran u poglavlju 8.2 biti razvijen novi model procesa, uz pretpostavku upotrebe novih mobilnih tehnologija. Povećanje djelotvornost pojedinih aktivnosti u modelu biti će opisano atributima **trajanje** i **zaposjedanje resursa**, a učinkovitost cijelog procesa biti će utvrđena

simulacijom na njegovom modelu s preustrojenim i unaprijeđenim aktivnostima. Globalni model analiziranog skladišno-distribucijskog sustava prikazanog slikom 8-1 i prikaz interakcije između temeljnih poslovnih procesa na slici 8-2 ne se mijenjaju uvođenjem mobilnih tehnologija u sustav, to jest isti su u S i N verziji. Promjene nastaju **unutar** temeljnih procesa i njihovih potprocesa i bit će prikazane istim redoslijedom kao u poglavlju 8.2.

Graf modela potprocesa **Izuzeti robu s lokacije (N)** prikazan je na slici 8-12. Graf se strukturalno ne mijenja uvođenjem mobilnih tehnologija (nad potprocesom nije proveden preustroj), ali se unapređuju njegova prva i treća aktivnost na sljedeći način:

- Aktivnost **Doći na robnu lokaciju** traje kraće stoga što mobilna aplikacija kojom se skladištar koristi preko mobilnog uređaja, a ne papirnata dispozicijska lista, "vodi" skladištara po lokacijama najkraćim mogućim putem.
- Aktivnost **Zabilježiti izuzimanje** traje kraće stoga što se upis robe i lokacije s koje se izuzima roba obavlja skeniranjem njihovih prugastih kodova, a ručno se upisuje samo količina za izuzimanje. Baza podataka se ažurira mobilnog uređaja, a programska kontrola ispravnosti upisa smanjuje broj grešaka pri evidentiranju izuzimanja.



Slika 8-12: Model potprocesa Izuzeti robu s lokacije (N)

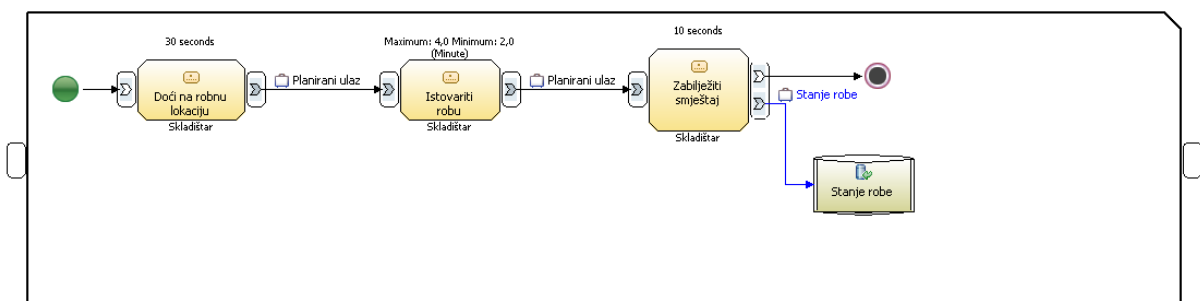
Potproces **Izuzeti robu s lokacije (N)** je detaljnije opisan u *tablici 8-VIII*, na isti način kao što je to bilo i za **S** verziju u *tablici 8-I*

Tablica 8-VIII: Opis potprocesa Izuzeti robu s lokacije

Naziv procesa: Izuzeti robu s lokacije (N)		Verzija: N	Trajanje procesa T_i
			Ukupni utrošak resursa R_i
Fizičko izuzimanje jedne vrste robe s određene skladišne lokacije i smještaj te robe na transportna kolica. Postupak se ponavlja za svaku stavku iz <i>Naloga za otpremu</i> . Promjena stanja zaliha robe evidentira se u bazi podataka promptno s mobilnog uređaja, uz korištenje bežične veze.			2 min 14 sek $\sigma = 29 \text{ sek}$
			Skladištar: 2 min 10 sek
Aktivnost ili potproces	Resurs/Utrošak	Opis aktivnosti	Trajanje aktivnosti t_k
Doći na robnu lokaciju	Skladištar	Skladištar dolazi na skladišnu lokaciju (na kojoj se nalazi roba iz stavke <i>Naloga za otpremu</i>) vođen uputama na mobilnom uređaju.	30 sek
Smjestiti robu na kolica	Skladištar	Izuzimanje robe s lokacije i smještaj na transportna kolica. Fizički posao na koji mobilne tehnologije nemaju utjecaja.	1-2 min
Zabilježiti izuzimanje	Skladištar	Skladištar bilježi izuzimanje robe na mobilnom uređaju, pri čemu se odmah ažurira baza podataka i označava roba za koju bi trebalo obnoviti zalihe.	10 sek

Graf potprocesa **Smjestiti robu na lokaciju (N)**, prikazan na slici 8-13 strukturalno se također ne mijenja (er nije moguć njegov preustroj, ali se uvođenjem mobilnih tehnologija unapređuju njegove dvije aktivnosti na sljedeći način:

- Aktivnost **Doći na robnu lokaciju** traje kraće stoga što mobilna aplikacija omogućuje uvid skladištaru u postojeće stanje robe po lokacijama i brži izbor one lokacije na koju se može smjestiti upravo ona količina robe koja je zaprimljena.
- Aktivnost **Zabilježiti smještaj** traje kraće stoga što se upis robe i lokacije na koju se smještava roba obavlja skeniranjem njihovih barkodova pomoću mobilnog uređaja, a ručno se upisuje samo zaprimljena količina. Središnja baza podataka ažurira se podatkom o ulazu robe odmah preko mobilnog uređaja i bežične veze, a programska kontrola ispravnosti upisa u mobilnoj aplikaciji smanjuje broj grešaka.

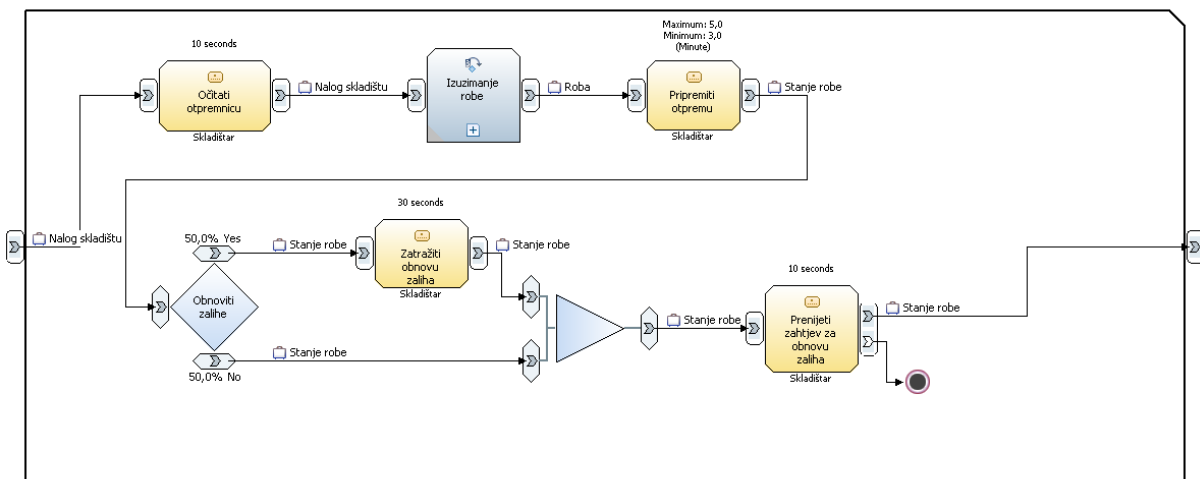


Slika 8-13: Model potprocesa Smjestiti robu na lokaciju (N)

Tablica 8-IX: Opis potprocesa Smjestiti robu na lokaciju-N

Naziv procesa: Smjestiti robu na lokaciju (N)		Verzija: N	Trajanje procesa T_i
			Ukupni utrošak resursa R_j
Fizičko prenošenje jedne vrste robe s transportnih kolica i smještanje te robe na određenu skladišnu lokaciju. Postupak se ponavlja za svaku stavku <i>Planiranog ulaza</i> . Promjena stanja zaliha robe evidentira se u bazi podataka promptno s mobilnog uređaja, uz korištenje bežične veze.			3 min 48 sek $\sigma = 46 \text{ sek}$
			Skladištar: 3 min 40 sek
Aktivnost ili potproces	Resurs/Utrošak	Opis aktivnosti	Trajanje aktivnosti t_k
Doći na robnu lokaciju	Skladištar	Skladištar dolazi na skladišnu lokaciju (na kojoj se nalazi roba navedena u stavki <i>Planiranog ulaza</i>) vođen uputama na mobilnom uređaju.	30 sek
Istovariti robu	Skladištar	Istovariti robu s kolica i smjestiti je na određenu skladišnu lokaciju. Fizički posao na koji mobilne tehnologije nemaju utjecaja.	2-4 min
Zabilježiti smještaj	Skladištar	Skladištar bilježi primitak i smještaj robe na lokaciju pomoću mobilnog uređaja, pri čemu se odmah ažurira stanje robe u bazi podataka.	10 sek

Mehanizam uključivanja oba opisana potprocesa u strukturu temeljnih procesa ostvaruje se preko petlje na isti način kako je već opisano slikom 8-5 i popratnim tekstom.



Slika 8-14: Model procesa Izdati robu kupcu (N)

Novi model budućeg procesa **Izdati robu kupcu (N)**, prikazan slikom 8-14, razvijen je uz pretpostavku intenzivne upotrebe mobilnih tehnologija. One omogućavaju preustroj procesa kao cjeline, ali i istovremeno unapređenje njegovih pojedinih aktivnosti. Preustroj se vidi u pojednostavnjenju grafa koji sada ima dvije aktivnosti manje nego u verziji **S** i manje veza između njih jer kod novog načina rada nema više potrebe za štampanjem i korištenjem dispozicijske liste. Unapređenje se vidi kroz skraćenje vremena trajanja preostalih aktivnosti.

Dakle, glavna razlika između starog i novog načina rada je korištenje mobilnih tehnologija u *on-line* načinu rada. To omogućava skladištaru da direktno pristupi središnjoj bazi podataka, s bilo koje fizičke točke u skladištu, korištenjem mobilne aplikacije i MobIS-a razvijenog na način opisan u prethodnim poglavljima. Promjene koje takav pristup unosi u model poslovnih procesa su pojedinačno opisane u tablici 8-X, a odnose se na slijedeće:

- Ažuriranje novog stanja robe obavlja skladištar tijekom prikupljanja robe za otpremu, korištenjem mobilnog uređaja, u okviru aktivnosti **Zabilježiti izuzimanje** potprocesa **Izuzeti robu s lokacije**. Zato u procesu **Izdati robu kupcu (N)** više nema aktivnosti **Evidentirati izlaz robe**, koja je bila potrebna u **S** verziji ovog procesa.
- Nije više potrebno posebno ispisivati *Nalog za otpremu* niti *Dispozicijske liste*, jer mobilna aplikacija donosi potrebne podatke za otpremu na zaslon mobilnog uređaja. Može se ostaviti ispisivanje otpremnice koja mora pratiti robu, ali se ono pokreće iz odjela prodaje izravno na skladišni pisač, bez potrebe da se za to angažira administrator u skladištu.
- Ubrzava se pronalaženje robe, odnosno dolazak na skladišnu lokaciju koja sadrži traženu robu (što je prikazano aktivnošću **Doći na robnu lokaciju** potprocesa **Izuzeti robu s lokacije**) stoga što mobilna aplikacija vodi skladištara najkraćim putem po traženim robnim lokacijama.
- Ubrzava se evidentiranje izuzimanja robe s lokacije (aktivnost **Zabilježiti izuzimanje** potprocesa **Izuzeti robu s lokacije**) jer mobilna aplikacija omogućava upisivanje podataka o robi i robnoj lokaciji gdje se roba nalazi očitanjem njihovih barkodova pri čemu skladištar treba samo upisati količinu za izuzimanje. Osim toga, evidentiranje izuzimanja postaje točnije i manje podložno greškama zbog aplikacijske kontrole upisanih podataka.

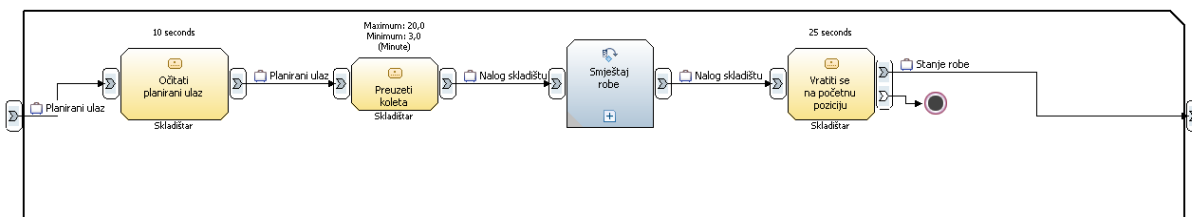
Tablica 8-X: Opis procesa Izdati robu kupcu

Naziv procesa: Izdati robu kupcu		Verzija: N	Trajanje procesa T_i
			Ukupni utrošak resursa R_i
Pripremiti robu za otpremu kupcu. Univerzalni <i>Nalog skladištu</i> , s oznakom da se radi o otpremi, daje prodaja. Otpremnica se više ne štampa, jer se otpremne stavke očitavaju na mobilnom uređaju. Baza podataka se ažurira odmah kod izuzimanja robe sa svake skladišne lokacije korištenjem mobilnog uređaja i bežične veze, što je sastavni dio potprocesa Izuzeti robu s lokacije (N) . Sva roba za jednog kupca odvozi se na izlaznu lokaciju. Zahtjev za obnavljanje robe čija je zaliha pala ispod minimuma upućuje se nabavi odmah po završetku rada na jednoj otpremnici.			17 min 41 sek $\sigma = 1 \text{ min } 35 \text{ sek}$ Skladištar: 17 min 33 sek
Aktivnost ili potproces	Resurs/Utrošak	Opis aktivnosti	Trajanje aktivnosti
Očitati otpremnicu	Skladištar	Očitavanje naloga za otpremu, zajedno s podacima o robnim stavkama i njihovim smještajnim lokacijama, na zaslon mobilnog uređaja.	10 sek
<u>Izuzeti robu s lokacije (N)</u>		<i>Potproces koji se ponavlja u petlji Izuzimanje robe, prosječno 6 puta.</i>	
Pripremiti otpremu	Skladištar	Prenijeti robu na izlaznu lokaciju i odložiti je tako da je kupac može preuzeti. Pri tome se više ne koristi dispozicijska lista (kao u verziji S), jer je preko mobilnog uređaja bila registrirana promjena stanja u trenutku kad je roba izuzeta s lokacije. To smanjuje najduže vrijeme trajanja ove aktivnosti na 5 min.	3 – 5 min
Zatražiti obnovu zaliha	Skladištar	Nakon evidentiranja otpreme na mobilnom se uređaju pojavljuje podatak o evidencijskom stanju stavke. Na osnovu te informacije i uvida u stvarno stanje skladištar potvrđuje potrebu obnavljanja zaliha.	30 sek min
Prenijeti zahtjev za obnovu zaliha	Skladištar	Pokrenuti prijenos zahtjeva s mobilnog uređaja prema središnjoj bazi podataka i očitati potvrdu primitka.	10 sek

Novi model budućeg procesa **Zaprimiti robu od dobavljača (N)** prikazan je slikom 8-15. U njegovom se izvođenju planira intenzivna upotreba mobilnih tehnologija što omogućava preustroj procesa kao cjeline i unapređenje njegovih pojedinih aktivnosti. Novi graf procesa je jednostavniji jer ima manje aktivnosti i manje veza nego u verziji **S**, jer kod novog načina rada nema više potrebe za štampanjem i korištenjem dispozicijske liste. Mobilne tehnologije omogućavaju skladištaru izravan pristup središnjoj bazi podataka korištenjem bežičnih veza i mobilne aplikacije u *on-line* načinu rada te pouzdanije i brže izvođenje aktivnosti. Detalji ovih unapređenja opisani su u tablici (), a odnose se na sljedeće:

- Novo stanje upisuje skladištar preko mobilnog uređaja odmah po odlaganju robe na skladišnu lokaciju, unutar potprocesa **Smjestiti robu na lokaciju**. Zato u procesu **Zaprimiti robu od dobavljača** nema više aktivnosti **Evidentirati ulaz robe**.

- Nije više potrebno ispisivati dokumente *Planirani ulaz* i *Dispozicijska lista* stoga što mobilna aplikacija daje odgovarajuće podatke o tome na mobilnom uređaju.
- Ubrzava se dolazak na onu skladišnu lokaciju gdje treba smjestiti robu - aktivnost **Doći na robnu lokaciju** potprocesa **Smjestiti robu na lokaciju (N)** stoga što mobilna aplikacija vodi skladištara najkraćim putem do najprikladnije lokacije.
- Ubrzava se evidentiranje ulaza robe i smanjuje mogućnost grešaka pri upisu u potprocesu **Smjestiti robu na lokaciju (N)** stoga što mobilna aplikacija omogućuje upis robe i robne lokacije očitanjem njihovih barkodova pri čemu skladištar treba samo upisati količinu za smještaj.



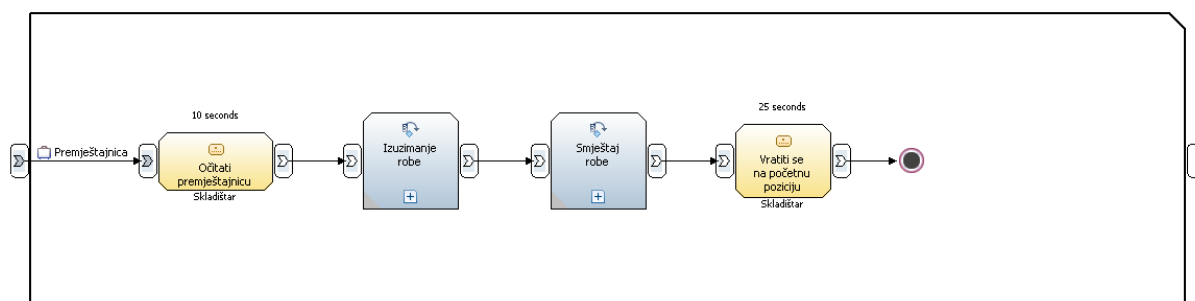
Slika 8-15: Model procesa Zaprimiti robu od dobavljača (N)

Slično kao i u prethodnom procesu, ovdje se također ponavlja potproces **Smjestiti robu na lokaciju (N)**, prikazan slikom 8-4 koji uključuje i promptno ažuriranje središnje baze podataka zaprimljenom količinom robe. To je ostvareno uključivanjem petlje **Smještaj robe** u strukturu procesa. Ta petlja prima ulazne vrijednosti od prethodne aktivnosti, poziva potproces prosječno 9 puta te isporučuje izlazne rezultate sljedećoj aktivnosti u slijedu.

Tablica 8-XI: Opis procesa Zaprimiti robu od dobavljača (N)

Naziv procesa: Zaprimiti robu od dobavljača		Verzija: N	Trajanje procesa T_i
			Ukupni utrošak resursa R_j
Proces obuhvaća poslove zaprimanja prethodno naručene robe. Dolazak robe najavljuje se skladištaru kao <i>Planirani ulaz</i> preko njegovog mobilnog uređaja. Na osnovu te informacije skladištar zaprima i raspoređuje robu po skladišnim lokacijama i to odmah registrira u središnjoj bazi podataka pomoću svojeg mobilnog uređaja, korištenjem odgovarajućeg modula MoIS-a i bežične veze.			45 min 40 sek $\sigma = 6 \text{ min } 17$
			Skladištar: 43 min 35 sek
Aktivnost ili potproces	Resurs/Utrošak	Opis aktivnosti	Trajanje aktivnosti
Očitati planirani ulaz	Skladištar	Očitati planirani ulaz s podacima o robnim stavkama i smještajnim lokacijama na kojima se roba nalazi. Ove podatke šalje središnje računalo na zaslon mobilnog uređaja putem bežične veze.	1 min
Preuzeti koleta	Skladištar	Istovar robe, provjera i potpisivanje dokumentacije. Fizički posao na koji mobilna tehnologija nema utjecaja.	3-20 min
<u>Smjestiti robu na lokaciju</u>		<i>Potproces koji se ponavlja u petlji Smještaj robe, prosječno 9 puta.</i>	
Vratiti se na početnu poziciju	Skladištar	Povratak na početnu skladišnu poziciju i parkiranje viličara. Trajanje aktivnosti se malo skraćuje jer se administratoru više ne predaje dispozicijska lista radi naknadnog ažuriranja baze podataka.	25 sek

Model procesa **Optimirati smještaj N** prikazan je slikom 8-16. Premještanje se izvodi kroz obnovljene potprocese **Izuzeti robu s lokacije (N)** i **Smjestiti robu na lokaciju (N)** koji se pozivaju iz dvije odvojene petlje na isti način kako je to opisano uz **S** verziju ovog procesa. Graf procesa je jednostavniji jer ima jednu aktivnost manje (preustroj), a ostale aktivnosti u glavnom procesu i pozivanim potprocesima traju kraće zbog korištenja mobilnih tehnologija (unapređenje). Proces je detaljnije opisan u tablici 8-XII.



Slika 8-16: Model procesa Optimirati smještaj (N)

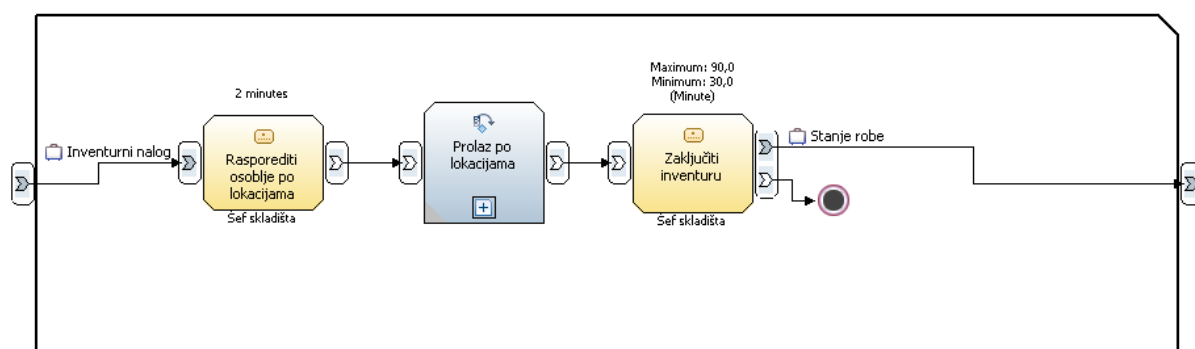
Tablica 8-XII: Opis procesa Optimirati smještaj

Naziv procesa: <u>Optimirati smještaj</u>		Verzija: N	Trajanje procesa T_i
			<i>Ukupni utrošak resursa R_j</i>
Unutarskladišni premještaj robe radi optimalnog korištenja skladišnih lokacija. Pokreće se na temelju naloga za premještaj, očitano na mobilnom uređaju. Izvodi se slijedom dvaju standardnih potprocesa: Izuzeti robu s lokacije (N) i Smjestiti robu na lokaciju (N) . Baza podataka ažurira se putem mobilnog uređaja i bežične veze odmah nakon provedenog premještanja robe.			76 min 43 sek $\sigma \approx 3 \text{ min } 27 \text{ sek}$
			Skladištar: 76 min 25 sek
<i>Aktivnost ili potproces</i>	<i>Resurs/Utrošak</i>	<i>Opis aktivnosti</i>	<i>Trajanje aktivnosti</i>
Očitati premještajnicu	Skladištar	Sa zaslona mobilnog uređaja očitati podatke o robi koju treba premjestiti s jedne na drugu skladišnu lokaciju.	10 sek
<u>Izuzeti robu s lokacije (N)</u>		<i>Potproces koji se ponavlja u petlji Izuzimanje robe, prosječno 13 puta.</i>	
<u>Smjestiti robu na lokaciju (N)</u>		<i>Potproces koji se ponavlja u petlji Smještaj robe, prosječno 13 puta.</i>	
Vratiti se na početnu poziciju	Skladištar	Povratak na početnu skladišnu poziciju i parkiranje viličara. U verziji N se više ne koristi dispozicijska lista radi evidencije premještaja (jer je to obavljeno preko mobilnog uređaja u oba potprocesa ovog procesa) pa je stoga vrijeme ove aktivnosti kraće nego u S verziji.	25 sek

Iz tabličnog se opisa vidi da je proces unaprijeđen uvođenjem mobilnih tehnologija u *on-line* načinu rada što omogućava skladištaru izravni pristup središnjoj bazi podataka korištenjem mobilne aplikacije. Posljedice uvođenja mobilnih tehnologija na proces su sljedeće:

- Ažuriranje stanja obavlja skladištar odmah tijekom razmještanja robe u oba potprocesa. Zato se u glavnom procesu više nema aktivnosti **Evidentirati izmještaj**.
- Nije više potrebno posebno štampati dispozicijske liste s popisom robe za premještanje zato što se raspored robe prikazuje skladištaru putem mobilne aplikacije.
- Ubrzava se evidentiranje prometa po skladišnim lokacijama stoga što mobilna aplikacija omogućuje upis robe i robne lokacije očitanjem njihovih barkodova. Pri tome skladištar treba upisati samo količinu robe koja je izuzeta s jedne i premještena na drugu lokaciju što također smanjuje broj grešaka.

Model unaprijeđenog poslovnog procesa **Provesti inventuru (N)** prikazan je slikom 8-17. On je nešto jednostavniji nego u **S** verziji jer se inventurno stanje robe evidentira korištenjem mobilnih tehnologija odmah nakon brojenja na svakoj skladišnoj lokaciji. Također, korištenje mobilnih tehnologija dosta skraćuje aktivnost **Rasporediti osoblje po lokacijama** jer popis lokacija na kojima će provesti inventuru, zajedno s evidencijskim količinama robe na tim lokacijama, dobivaju grupe za inventuru na zaslonu mobilnog uređaja.



Slika 8-17: Model procesa Provesti inventuru (N)

Brojanje robe koje se ponavlja po skladišnim lokacijama prikazano je petljom **Prolaz po lokacijama**. Ta petlja ima istu dvorazinsku unutrašnju strukturu koja je već prikazana slikama 8-10 i 8-11 pa se stoga ovdje ne ponavlja.

Trajanja fizičkih aktivnosti unutar petlji ne mijenjaju se uvođenjem mobilnih tehnologija. Međutim, značajno se skraćuje evidencija stvarnog stanja robe utvrđenog inventurom budući da se to radi korištenjem mobilnog uređaja u *on-line* radu sa središnjom bazom podataka. Taj dio posla je u novom modelu procesa prikazan aktivnošću **Evidentirati prebrojenu količinu** kratkog trajanja, smještenu unutar petlje **Brojanje pojedine robe na lokaciji (N)** koja pak se nalazi u petlji **Prolaz po lokacijama**. Zbog tog razloga u procesu **Provesti inventuru** više nema vremenski zahtjevne aktivnosti **Evidentirati stanje** koju je u **S** verziji izvodio administrator na kraju inventure. Restrukturirani i unaprijeđeni proces detaljno je opisan tablicom 8-XIII.

Tablica 8-XIII: Opis procesa Provesti inventuru (N)

Naziv procesa: Provesti inventuru			Verzija: N	Trajanje procesa T_i
				<i>Ukupni utrošak resursa R_j</i>
Inventura u skladištu se provodi na temelju popisa evidencijske količine robe na lokacijama, kojeg na mobilnom uređaju dobivaju grupe za inventuru. Priprema za inventuru je kraća u odnosu na S verziju procesa, zbog toga što se više ne štampaju inventurne liste. Fizičke aktivnosti brojanja se ne mijenjaju uvođenjem mobilnih tehnologija. Evidencijski dio posla znatno se skraćuje jer će se baza podataka ažurirati odmah nakon utvrđivanja stvarnog stanja robe, uz korištenje mobilnog uređaja i bežičnih veza.				32 sata 5 min $\sigma = 31 \text{ min } 58 \text{ sek}$
				Skladištar: 29 h 5 min Šef skladišta: 1h 2min
Aktivnost ili potproces	Resurs/Utrošak	Opis aktivnosti		Trajanje aktivnosti
Rasporediti osoblje po lokacijama	Šef skladišta	Osoblje se dijeli na grupe od po dvojice skladištara. Svaka grupa dobiva preko mobilnog uređaja popis lokacija na kojima će provesti inventuru.		2 min
Doći na lokaciju	Skladištar	Doći na jednu od lokacija na kojoj će se provesti inventura. Lokaciju i količinu robe na njoj skladištar očitava na zaslonu mobilnog uređaja.	Petlja Brojanje robe na lokaciji (3 puta) Petlja Prolaz po lokacijama (238 puta)	10 sek
Prebrojati vrste robe na lokaciji	Skladištar	Utvrđiti koliko ima različitih vrsta roba na jednoj lokaciji.		20-60 sek
Prebrojati robu	Skladištar	Utvrđiti količinu robe iste vrste na lokaciji. Odmah nakon brojanja će stvarna količina biti upisana u bazu podataka pomoću mobilnog uređaja.		20-240 sek
Evidentirati prebrojenu robu	Skladištar	Neposredno ažuriranje baze podataka podacima o stvarnoj količini jedne vrste robe na jednoj lokaciji, korištenjem mobilnog uređaja.		10 sek
Zaključiti inventuru	Šef skladišta	Utvrđiti inventurne razlike usporedbom stvarnog i evidencijskog stanja. Inventurne razlike rješavaju se posebnim postupkom u knjigovodstvu, što nije dio ovog procesa.		30-90 min

Ovim su pregledom opisani svi glavni procesi analiziranog skladišno-distribucijskog sustava nakon uvođenja mobilnih tehnologija. Već je samo kvalitativnim uvidom u S i N verzije ovih procesa vidljivo da se novi procesi odvijaju znatno brže te da je za njihovo izvođenje potrebno utrošiti manje resursa (od kojih se ovdje razmatraju samo dva najopterećenija: administrator i skladištar). Međutim, takav kvalitativni uvid, premda indikativan, nije još dovoljno čvrst dokaz da razlike u trajanju procesa, registrirane kao rezultat simulacije na dva modela, nisu samo slučajne. Drugim riječima, još uvijek nije sigurno da su te razlike dovoljno signifikantne da bi se smjelo zaključivati kako mobilne tehnologije bitno unapređuju poslovni proces. Stoga će postupak dokazivanja hipoteze H_2 biti proveden u sljedećoj točki ovog poglavlja.

8.4 Usporedba postojećih i unaprijeđenih poslovnih procesa

U ovom potpoglavlju analizirati će se i usporediti rezultati prikupljeni simulacijom na modelu postojećih procesa i na modelu novih procesa, za koje se pretpostavlja da su preuređeni i unaprijeđeni uvođenjem mobilnih tehnologija. Uređeni rezultati simulacijskih pokusa prikazani su u tablici 8-XIV. Sve vrijednosti u tablici izražene su zbog lakšeg računanja kao decimalne vrijednosti osnovne mjerne jedinice (minute ili sata). Treba napomenuti da će se usporedba provoditi samo za četiri glavna procesa jer su rezultati potprocesa uključeni u procese koji ih pozivaju. Tehnički to znači da je u alatu WebSphere Business Modeler, korištenom za modeliranje i provedbu simulacije, bila uključena opcija *Evaluate all subprocesses*.

U tablici 8-XIV pregledno su prikazani zbirni rezultati simulacije na modelu sadašnjih procesa, s oznakom (S), i na modelu novih poslovnih procesa, s oznakom (N).

Tablica 8-XIV: Pregled rezultata simulacije sadašnjih i novih poslovnih procesa

	Trajanje procesa			Broj aktivnosti po procesu	Potrebni resursi	
	T_i^S	Omjer $T_i^{S,N}/T_i^{S,S}$	σ_s		Skladištar	Administrator
Izdati robu kupcu (S)	28,20 min	0,627	1,90 min	9	24,0 min	4,4 min
Izdati robu kupcu (N)	17,68 min		1,58 min	7	17,6 min	-
Zaprimiti robu od dobavljača (S)	61,62 min	0,741	5,80 min	8	51,0 min	7,0 min
Zaprimiti robu od dobavljača (N)	45,67 min		6,28 min	6	43,6 min	-
Optimirati smještaj (S)	101,77 min	0,754	3,88 min	6	98,0 min	5,0 min
Optimirati smještaj (N)	76,72 min		3,45 min	5	76,4 min	-
Provesti inventuru (S)	40,33 sat	0,795	1,41 sat	7	37,4 sat	4,3 sat
Provesti inventuru (N)	32,08 sat		0,53 sat	6	29,1 sat	-

Jednostavnom usporedbom rezultata simulacije može se ustanoviti da novi procesi, izvođeni uz intenzivnu upotrebu novih tehnologija, imaju znatno kraće vrijeme trajanja $T_i^{S,N}$ od vremena trajanja $T_i^{S,S}$ sadašnjih procesa, izvođenih korištenjem klasičnog IS-a. To skraćenje kreće se od 37,3% do 20,5% (vidjeti omjer $T_i^{S,N}/T_i^{S,S}$). Potrebno je utvrditi da li je ta razlika dovoljno velika da se ne bi mogla smatrati slučajnim odstupanjima srednjih vrijednosti dvaju uzoraka. Testiranje signifikantnosti razlika provedeno je na isti način kao u točki 8.2.2 ovog poglavlja pa se zbog toga neće posebno objašnjavati, a prikazano je tablicom 8-XV.

Tablica 8-XV: Usporedba sadašnjih i novih vrijednosti za trajanje procesa

	Vrijeme trajanja novih poslovnih procesa $T_i^{S,N}$			Vrijeme trajanja sadašnjih poslovnih procesa $T_i^{S,S}$			Signifikantno za $P=0,95, t<1,96$	
	Broj simulacija	Srednja vrijednost	σ_N	Broj simulacija	Srednja vrijednost	σ_S	S_e	t
Izdati robu kupcu	100	17,68 min	1,58 min	100	28,20 min	1,90 min	0,247	42,591
Zaprimiti robu od dobavljača	100	45,67 min	6,28 min	100	61,62 min	5,80 min	0,855	18,655
Optimirati smještaj	100	76,72 min	3,45 min	100	101,77 min	3,88 min	0,519	48,266
Provesti inventuru	12	32,08 sat	0,53 sat	12	40,33 sat	1,41 sat	0,151	54,636

Iz prethodne tablice vidljivo je da nul-hipoteza $H_0 \dots\dots T_i^{s,N} = T_i^{s,S}$ o jednakosti srednjih vrijednosti mora biti odbačena jer je $t_i > t$ za $P=0,95$. Razlike između srednjih vrijednosti trajanja procesa su prevelike da bi bile slučajne. Rezultati dobiveni simulacijom ukazuju na to da se stari i novi poslovni procesi bitno razlikuju. Oni očito čine dva različita sustava koji su različiti, premda su namijenjeni istim poslovima. Preciznije: uvođenje mobilnih tehnologija i MobIS-a u poslovne procese skladišno-distribucijskog sustava rezultiralo je novim sustavom koji je strukturalno različit od staroga, temeljenog na klasičnom IS-u, i djeluje s bitno drugačijim performansama.

Na taj način dokazan je prvi dio hipoteze H2: **uvođenje mobilnih tehnologija mijenja poslovne procese**. Potrebno je još samo pokazati pozitivne značajke te promjene. To se može pokazati kroz dva aspekta:

- smanjenje složenosti nove poslovne tehnologije i
- povećanje njezine učinkovitosti.

Smanjenje složenosti poslovne tehnologije neposredno je vidljivo iz podataka u tablici 8-XIV o broju aktivnosti po procesima. Svaki novi poslovni proces ostvaren je s jednom ili dvije aktivnosti manje nego odgovarajući stari poslovni proces, pri čemu u broj aktivnosti nekog procesa ulaze i aktivnosti u pozivanom procesu ili petlji. Drugim riječima, stara poslovna tehnologija koja okuplja četiri glavna procesa ostvarena je s 30 aktivnosti, a nova ima svega 24 aktivnosti. Manji broj aktivnosti čini, sasvim sigurno, poslovnu tehnologiju jednostavnijom, preglednijom i lakšom za nadzor i upravljanje.

Povećanje učinkovitosti poslovne tehnologije ostvaruje se, kako je pokazano na početku točke 8.3, preustrojem procesa kao cjeline i povećanjem djelotvornosti pojedinih aktivnosti poslovnog procesa. Da je proveden preustroj, vidi se usporedbom točke 8.2 i 8.3. S druge strane, povećanje djelotvornosti se iskazuje kao smanjenje potrebnih resursa za obavljanje zadanog obujma poslova. U tablici 8-XVI prikazana je količina utrošenih resursa za radna mjesta administratora i skladištara. Rezultati su dobiveni simulacijom na modelu postojećih poslovnih procesa podržanih klasičnim IS-om i novih poslovnih procesa unaprijeđenih upotrebom mobilnih tehnologija. Novi poslovni procesi su učinkovitiji: radno mjesto administratora uopće više nije potrebno (stupac 3 tablice), a opseg rada skladištara smanjuje se 20% do 26,7% (stupac 5). U modelima procesa pojavljuje se još šef skladišta, ali analiza za to radno mjesto nije uključena u tablicu 8-XVI jer se on javlja samo u procesu **Provesti inventuru** te se opseg njegovog posla ne mijenja uvođenjem mobilnih tehnologija što je vidljivo iz usporedbe odgovarajućih tablica 8-VI i 8-XIII.

Tablica 8-XVI: Odnos utrošenog rada za stare i nove poslovne procese

	Stari poslovni procesi		Novi poslovni procesi		Ušteda (4)/(2)	Razlika (1)+(2)– [(3)+(4)]	Broj slučajeva	Ukupna ušteda [sati rada]
	Admini- strator (1)	Skladištar (2)	Admini- strator (3)	Skladištar (4)				
Izdati robu kupcu	4,4 min	24,0 min	-	17,6 min	0,733	10,8 min	21.347	3842,5
Zaprimiti robu od dobavljača	7,0 min	51,0 min	-	43,6 min	0,855	14,4 min	1.720	412,8
Optimirati smještaj	5,0 min	98,0 min	-	76,4 min	0,800	26,6 min	59	26,2
Provesti inventuru	4,3 sat	37,4 sat	-	29,1 sat	0,778	8,3 sat	2	16,6

Ukupna ušteda resursa, po svakom od analiziranih procesa pojedinačno, vidi se u stupcu 6 prethodne tablice. Cijena rada skladištara i administratora je približno ista pa je dozvoljeno zbrajati uštede. U stupcu 7 naveden je broj skladišnih transakcija tijekom prvih sedam mjeseci 2008. godine, već analiziran u točki 8.2.1. Ukupna ušteda na sva četiri procesa (stupac 8) računata je kao umnožak vrijednosti u stupcima 6 i 7 te iznosi 4.298 sati rada za 7 mjeseci. Ekstrapolacijom na razdoblje od 12 mjeseci dobije se godišnja ušteda od 7.368 sati rada, uz pretpostavku sadašnjeg obima posla. Ako se pretpostavi da bruto cijena rada skladištara iznosi 10 €/sat, onda godišnja ušteda iznosi 73.680 €. Ne ulazeći dalje u detaljnije ekonomske izračune može se procijeniti da su jednogodišnje uštede približno jednake ukupnom ulaganju u razvoj i implementaciju MobIS-a u poduzeće srednje veličine kao što je to analizirani skladišno-distribucijski sustav.

Promatrajući skladišno-distribucijski sustav kao cjelinu može se zaključiti da su uvođenjem mobilnih tehnologija bitno povećane njegove ukupne performanse zbog tri razloga:

- Izravno ažuriranje novog stanja robe u središnjoj bazi podataka, bez potrebe za bilježenjem robnih transakcija ili inventurnih nalaza na papir radi njihovog kasnijeg prijepisa u središnju bazu podataka. Prednost takvog načina ažuriranja samo je potencirana *on-line* načinom rada, iako bi došla do izražaja i u *off-line* načinu, pri čemu bi efekt skraćanja vremena vjerojatno bio nešto slabiji.
- Uvođenjem izravnog ažuriranja robnog stanja nakon robnih transakcija ili inventurnih nalaza omogućeno je smanjenje broja različitih vrsta sudionika pojedinih procesa jer su ukinute njihove dosadašnje aktivnosti.
- Mobilne tehnologije ubrzavaju i općenito pospješuju obavljanje nekih aktivnosti poput pronalaska robe u skladištu i evidentiranja robnih transakcija stoga što na brži i prikladniji način prezentiraju skladištaru potrebne informacije. Na primjer, umjesto snalaženja u papirnoj dispozicijskoj listi, mobilna aplikacija vodi skladištara po lokacijama za prikupljanje robe za otpremu. Ili, bilježenje robnih transakcija kroz sučelje mobilne aplikacije brže je i točnije nego pisanje po dispozicijskoj listi.

Smanjenje broja aktivnosti u svim procesima uzrokovano je uvođenjem izravnog čitanja i ažuriranja središnje baze podataka sa slijedećim posljedicama:

- Nestaju administrativne aktivnosti kojima se robne transakcije ili inventurni nalazi preslikavaju u središnju bazu podataka.
- Ukidaju se aktivnosti pripreme i ispisa dokumentacije, potrebne za skladištarev rad.
- Olakšan je pristup informacijama koje su potrebne za rad u skladištu.

Aktivnosti koje su nestale zbog izravnog **ažuriranja** središnje baze podataka podacima s terena su:

- **Evidentirati izlaz robe** u procesu **Izdati robu kupcu**
- **Evidentirati ulaz robe** u procesu **Zaprimiti robu od dobavljača**
- **Evidentirati izmještaj** u procesu **Optimirati smještaj**
- **Evidentirati stanje** u procesu **Provesti inventuru**

Bitno je napomenuti da je ukidanje ovih aktivnosti moguće isključivo zbog primjene on-line načina rada. Kada bi način rada bio *off-line*, te aktivnosti bi ostale, ali bi svejedno znatno kraće trajale ako bi se uveli suvremeni načini sinkronizacije podataka opisani u poglavlju 7.2.

Aktivnosti koje su nestale zbog izravnog **čitanja** središnje baze podataka su slijedeće:

- **Tiskati otpremnicu** s dispozicijskim listama u procesu **Izdati robu kupcu**
- **Tiskati planirani ulaz** s dispozicijskim listama u procesu **Zaprimiti robu od dobavljača**
- **Izdati dispozicijske liste** u procesu **Optimirati smještaj**

Kod prvih dviju aktivnosti i dalje može izdavati papirna verzija odgovarajućeg dokumenta, *Naloga za otpremu* odnosno *Planiranog ulaza*. Doista, tako se najčešće i radi zbog zahtjeva kupaca kada je riječ o otpremi gotove robe. Međutim, takav dokument administrator više ne treba posebno pripremati na osnovu dokumenta pristiglog iz komercijale, niti se za robu na njemu trebaju generirati dispozicijske liste. Ispis takvog dokumenta može biti pokrenut izravno iz komercijale, odmah po zaključenju prodaje.

Nestanak ovih aktivnosti također je moguć zahvaljujući *on-line* radu. U *off-line* radu te bi aktivnosti vjerojatno ostale, ali bi svejedno znatno kraće trajale ako bi se uveli suvremeni načini sinkronizacije podataka opisani u poglavlju 7.2. Alternativno, spojile bi se s aktivnostima evidentiranja novog stanja u središnjoj bazi podataka

Aktivnosti koje su ubrzane zbog izravnog pristupa bazi podataka te automatizacije procesa su slijedeće:

- **Doći na robnu lokaciju i Zabilježiti izuzimanje** u potprocesu **Izuzeti robu s lokacije**
- **Doći na robnu lokaciju i Zabilježiti smještaj** u potprocesu **Smjestiti robu na lokaciju**

Obavljanje tih aktivnosti je ubrzano zbog uporabe mobilne aplikacije koja vodi skladištara po lokacijama, to jest postupka očitavanja robe i lokacije putem pripadnog barkoda, s tim da se ručno upisuje samo količina robe koja je bila u prometu.

Zaključno, provedena analiza pokazuje da se uvođenjem mobilnih tehnologija:

- pojednostavljuje poslovna tehnologija, jer se analizirani poslovni procesi mogu izvesti s 24 umjesto 30 aktivnosti,
- skraćuje vrijeme trajanja procesa za 20% do 37%,
- smanjuje opseg potrebnih resursa za 20% do 27% i
- ostvaruje godišnja ušteda oko 73.000 €, što je približno jednako ulaganjima u razvoj i implementaciju MobIS-a.

Svi se ovi učinci pojavljuju kao neposredni rezultat uvođenja mobilnih tehnologija i MobIS-a u analizirani skladišno-distribucijski sustav jedne tipične organizacije, pa se stoga hipoteza H2 može smatrati potpuno dokazanom.

9 Zaključak

Ovaj rad započet je u svrhu izgradnje sistematičnog i metodološki jasno zasnovanog pristupa za projektiranje i izgradnju mobilnih informacijskih sustava, okvirno definiranih kao informacijskih sustava koji, osim klasičnih korisnika i njihovog načina rada, podržavaju i mobilne korisnike. Poseban naglasak stavljen je na opis omogućavanja interoperabilnosti između mobilnih i klasičnih, stacionarnih korisnika, što je u kasnijim poglavljima, 6, 7 i 8. obrađeno u sklopu dvije temeljne paradigme, spojenom (*on-line*) i otpojenom (*off-line*) radu.

Pregledom mobilnih tehnologija u poglavlju 2 omogućen je uvid u njihove tehničke mogućnosti, od procesne moći preko ergonomske karakteristike do komunikacijskih i mrežnih svojstava. Tim poglavljem prikazane su i razvojne platforme za izradu mobilnog softvera. Svi kasniji primjeri izgradnje MobIS-a opisani u poglavljima 7 i 8 temelje se na uporabi jedne od tih platformi, Microsoftovog .NET Compact Frameworka te programskog jezika C#. Time se ne vrednuje Microsoftova tehnologija kao najbolja za razvoj mobilnog softvera, nego je izraz autorovih osobnih preferenci i tehničkog znanja.

Cilj spomenutog sistematičnog i metodološki jasno zasnovanog pristupa za projektiranje i razvoj mobilnih informacijskih sustava nije samo osmišljavanje metodike za tu djelatnost, nego i uklapanje te metodike u opće priznate industrijske standarde poput *Business Process Modeling*. Da bi se ostvarilo to uklapanje, bilo je potrebno ukratko predstaviti BPM, što je učinjeno u poglavlju 3 ovog rada. Osim BPM-a, ukratko su u poglavlju 4 predstavljene i neke druge metode i tehnike korištene u predloženoj metodici razvoja MobIS-a.

U 5. poglavlju postavljene su jasne definicije opsega problema koji se rješava ovim radom na način da su točno definirani ključni pojmovi u mobilnosti, pojmovi s kojima se izgrađuje metodika razvoja mobilnih informacijskih sustava:

- Pokretljivost korisnika: stacionaran ili mobilan. Mobilan korisnik definiran je kao onaj tko u radu ne može koristiti stolno, prijenosno ili uklopljeno računalo, nego mora koristiti dlanovnik. Iako poslovni proces može biti mobilan, a da ga odrađuje stacionaran korisnik, jasno je rečeno da svi takvi slučajevi spadaju u jednostavniji slučaj izgradnje mobilnog informacijskog sustava stoga što se programska oprema može koristiti na prijenosnim ili uklopljenim računalima, praktički jednakima "velikim", stacionarnim strojevima
- Dinamika lokacije: postojana ili nepostojana. Nepostojanost lokacije definira se, zapravo, kao mjera nepredvidivosti pozicije mobilnog radnika i mogućnosti njegovog brzog pronalaženja bez uporabe komunikacijskih ili navigacijskih sredstava. Obratno, lokacija je postojana ako je pozicija mobilnog radnika unutar nje predvidiva te je samog radnika moguće brzo i djelotvorno pronaći bez uporabe komunikacijskih ili navigacijskih sredstava

Pokretljivost korisnika i dinamika lokacije zajednički određuju mobilnost aktivnosti koje obavlja radnik i to tako da je ta aktivnost mobilna ako je lokacija njenog obavljanja nepostojana ili je radnik mobilan, ili oboje. Skup svih takvih aktivnosti čini mobilni dio informacijskog sustava i valja ga podržati mobilnim tehnologijama. Implicitno slijedi da MobIS nikad nije samostalan, nego je uvijek dio cjelokupnog IS-a koji, dakle, obuhvaća stacionarne i mobilne dijelove.

Veza radnika i njegovog mobilnog uređaja sa središnjim IS-om je parametar koji sam po sebi ne određuje mobilnost korisnika, ali ima pregolemo značenje za izvedbu MobIS-a. Ta veza određuje način rada korisnika:

- spojeni (*on-line*), sa stalnom vezom prema središnjem IS-u, ili
- otspojeni (*off-line*), s povremenom vezom prema središnjem IS-u.

Iako je spojeni rad ideal razvoja MobIS-a, on nije uvijek ostvariv zbog tehničkih ili zemljopisnih razloga. Stoga je metodikom razvoja mobilnih informacijskih sustava opisanom u 6. poglavlju obuhvaćeno projektiranje i razvoj MobIS-a za obje vrste mobilnog rada. Za svaku od tih vrsta rada prilično se razlikuje izvedba komunikacije mobilnih uređaja i njihovih korisnika sa središnjim IS-om te je to glavni razlog spomenute iznimne važnosti načina rada.

Šesto poglavlje ovog rada donosi prijedlog metodike za razvoj mobilnih informacijskih sustava nazvane Raspoznavanje mobilnih procesa (*Mobile Process Recognition*). Ta metodika pokriva, u 18 koraka, sve faze razvoja MobIS-a, s posebnim naglaskom na:

- rano uočavanje mobilnih procesa i aktivnosti kao podskupa svih procesa i aktivnosti organizacije, prije početka detaljnog modeliranja poslovnih procesa,
- strogo formalno definiranje i opisivanje mobilnih procesa i aktivnosti u skladu s normom BPMN,
- precizno utvrđivanje temeljne arhitekture MobIS-a te informacijskih i komunikacijskih tehnologija za njegovu izgradnju ovisno o okolnostima u kojima će se koristiti mobilni informacijski sustav te s obzirom na dostupnost središnjih podatkovnih resursa
- izradu konkretnih mobilnih aplikacija

Metodika RMP može se sistematizirati na slijedeći način:

1. Određivanje aktivnosti (procesa i radnih koraka) poslovnog sustava metodom dekompozicije.
2. Definiranje uloga (kao specifičnog oblika resursa) i njihovo pridruživanje aktivnostima metodom analize resursa.
3. Izgradnja BPM dijagrama svih poslovnih procesa organizacije metodom modeliranja poslovnih procesa (BPM).
4. Određivanje stupnja mobilnosti svih aktivnosti temeljem vlastite metode nazvane DP matrica. Tom metodom svaka aktivnost dobiva attribute pokretljivosti korisnika, dinamike lokacije i veze sa središnjim IS-om.
5. Dopuna BPD-a izgrađenog u 3. koraku tako da se na modelu procesa jasno označe i grupiraju sve mobilne aktivnosti, na način dopušten BPM normom.
6. Izgradnja modela baze podataka za cjelokupni informacijski sustav primjenom ERA metode i relacijskog modeliranja.
7. Određivanje onih relacijskih shema (iz skupa svih relacijskih shema baze podataka modelirane u 7. koraku) nad kojima rade mobilne aktivnosti pomoću modificirane MPK matrice.
8. Iz skupa svih mobilnih aktivnosti, razlučivanje onih koje će se obavljati na spojeni (*on-line*) način te onih koje će se obavljati na otspojeni (*off-line*) način, uzimajući u obzir: geografske, tehničke i druge parametre, tehničke mogućnosti mobilnih

komunikacijskih tehnologija opisanih u poglavlju 2 i vezu sa središnjim IS-om tijekom obavljanja aktivnosti određenu u koraku 4

Nakon ovog koraka, metodika RMP račva se na dvije grane: prema izradi MobIS-a za otspojeni rad te prema izradi MobIS-a za spojeni rad:

9. Oblikovanje baze podataka za mobilne uređaje namijenjene aplikaciji za otspojeni rad metodom VSDB (*Very Small Database Design*).
10. Omogućavanje sinkronizacije podataka između mobilnog korisnika i središnjeg IS-a pri otspojenom radu koristeći proces sinkronizacije podataka zvan replikacija.
11. Izrada programa za otspojeni mobilni rad. Takav program je standardni izvršni program troslojne arhitekture namijenjen mobilnim uređajima.
12. Odabir načina izvedbe programa za spojeni mobilni rad: mobilne web aplikacije ili mobilnog izvršnog programa koji sa središnjim IS-om komunicira putem web servisa. Ako su poslovni procesi pri kojima se primjenjuje mobilna tehnologija takvi da mobilna aplikacija mora imati pristup nekim sklopovima mobilnog uređaja (primjerice, čitaču prugastog koda integriranom u mobilni uređaj ili RFID sklopovlju), onda se programska komponenta MobIS-a ne može temeljiti na web tehnologijama, nego je potrebno razviti izvršni program.
13. Izrada web aplikacije za spojene mobilne aktivnosti. Razlika u odnosu na klasične web aplikacije je u korisničkom sučelju specifično namijenjenom za prikaz na malim ekranima
14. Izrada web servisa za mobilni pristup središnjem IS-u. Ako podršku mobilnim aktivnostima za spojeni način rada treba osigurati izvršnim programom, onda za takav program treba izraditi web servis za mobilni pristup središnjem IS-u predstavlja jedinstvenu pristupnu točku prema središnjem IS-u, posreduje između središnjeg IS-a i središnje baze podataka te mobilnog svijeta i provodi poslovna pravila po kojima se izvodi poslovni proces korištenjem mobilnih uređaja
15. Izrada izvršnog programa za spojene mobilne aktivnosti. Takav program je standardni izvršni program koji ima samo jedan, prikazni sloj. Sa središnjom bazom podataka komunicira putem web servisa razvijenog u prethodnom koraku. Taj web servis objedinjuje poslovni i podatkovni sloj. Smisao postojanja izvršnog programa koji obuhvaća samo prikazni sloj jest mogućnost upravljanja hardverom mobilnog uređaja što nije izvedivo mobilnom web aplikacijom.
- 16., 17. i 18. korak metodike RMP opisuju isporuku (*deployment*) mobilnih aplikacija, njihovo testiranje te puštanje MobIS-a u rad.

Projektiranje MobIS-a metodikom RMP prikazano je u 7. poglavlju na konkretnim i reprezentativnim primjerima iz stvarne primjene. Za studije slučaja primjene metodike raspoznavanja mobilnih procesa odabrana su dva tipa mobilnih aktivnosti koje karakterizira:

- Postojana lokacija, mobilni korisnik, spojeni rad. Tipičan primjer je MobIS skladišnog sustava. Studija slučaja temelji se na stvarnom primjeru uporabe mobilnih tehnologija u skladišno-distribucijskom poslovanju.
- Nepostojana lokacija, mobilni korisnik i otspojeni rad. Tipičan primjer je MobIS namijenjen policijskom nadzoru prometa: identifikaciji vozila koja treba isključiti iz prometa zbog prestanka važenja registracije ili nekih drugih razloga i evidenciji

prometnih prekršaja u trenutku njihovog nastanka. Studija slučaja temelji se na jednom razvojnom projektu koji se izvodio na Fakultetu organizacije i informatike za potrebe MUP-a RH.

Pokazalo se da metodika RMP dobro opisuje postupke razvoja svih kategorija MobIS-a. Razvojnim alatima za mobilni softver moguće je pak i izvesti projekt MobIS-a te ga pretvoriti u radnu aplikaciju. Potvrda navedenim činjenicama jest i uspješan razvoj pomoću RMP metodike te rad jednog "živog" MobIS-a za skladišno-distribucijsko poslovanje zvanog MobTrenis trenutno korištenog u tvrtki Ellabo. Budući da se metodika RMP temelji na klasičnim metodama i tehnikama modeliranja poslovnih procesa poput BPM-a, smatra se, dakle, da je dokazana Hipoteza 1 ovoga rada:

Postojeće metode i tehnike modeliranja poslovnih procesa mogu, uz određene dopune, podržati modeliranje onih poslovnih procesa za čije su izvođenje potrebne mobilne tehnologije.

U 8. poglavlju provedeno je ispitivanje, vezano uz drugu hipotezu ovog rada, s ciljem određivanja jesu li mobilne tehnologije pozitivno djelovale na poslovni sustav, pri čemu se pod pozitivnim smatra smanjenje složenosti poslovnih procesa, pojednostavljenje poslovne tehnologije i veća radna djelotvornost koja se može očitovati u kraćem vremenu potrebnom za obavljanje poslovnih procesa te u manjem zauzeću resursa, primjerice ljudskih. Računalna simulacija poslovnih procesa je bila primarna metoda tih ispitivanja i to iz slijedećih razloga:

- Simulacijski model omogućava istraživanje ponašanja originalnog sustava u kojem istraživači imaju potpun nadzor nad svim varijablama čiji utjecaj istražuju. Posebno je to važno kod organizacijskih sustava koji su vrlo složeni te rade u promjenljivim uvjetima i uz dinamički utjecaj velikog broja čimbenika koje u stvarnim poslovnim uvjetima nije moguće kontrolirati.
- Istraživanjem na modelu može se procijeniti učinak namjeravanih promjena već nakon nekoliko dobro odabranih simulacijskih pokusa, za razliku od realnog sustava gdje mjerenje rezultata bilo kakve promjene može biti samo u realnom vremenu, obično reda veličine mjeseci, a ponekad i godina.
- Simulacijom na računalnom modelu može se ispitati više *što-ako* scenarija i procijeniti ekonomska opravdanost ulaganja u namjeravane promjene poslovnih procesa prije nego se pokrene skupi i dugotrajni investicijski postupak.
- Ne postoji, to jest autoru rada bješe nedostupan, dovoljan statistički uzorak korištenja mobilnih tehnologija u sklopu MobIS-a temeljem kojih bi se moglo provesti željeno istraživanje.

U svrhu uspješne provedbe simulacije, učinjeno je slijedeće:

- Za odabrane poslovne procese izrađen je BPD koji pokazuje kako se ti procesi izvode u klasičnom, stacionarnom IS-u.
- Simulacijom je određeno trajanje svakog procesa te zauzeće resursa.
- Napravljeno je i opisano unapređenje (*improvement*) istih procesa uvođenjem mobilnih tehnologija u njihove pojedinačne aktivnosti te izrađen novi BPD koji pokazuje kako se ti procesi izvode.

- Simulacijom je određeno trajanje svakog procesa te zauzeće resursa za nove, mobilnim tehnologijama unaprijeđene varijante tih procesa.
- Na kraju je obavljena usporedbeno analiza na temelju dobivenih vrijednosti trajanja svakog procesa i zauzeća resursa u starom i novom procesnom modelu te su izvedeni zaključci o učincima mobilnih tehnologija.

Dokazano je da uvođenje mobilnih tehnologija mijenja poslovne procese na dva pozitivna načina:

- Smanjuje složenost procesa unaprijeđenih mobilnim tehnologijama, to jest pojednostavnjuje poslovni sustav.
- Smanjuje ukupno vrijeme obavljanja procesa unaprijeđenih mobilnim tehnologijama, to jest poboljšava performanse poslovnog sustava.

Ta su poboljšanja moguća zbog uvođenja izravnog čitanja i ažuriranja središnje baze podataka čime su ukinute aktivnosti prijepisa skladišnog stanja ostvarenog skladištarevim akcijama u središnju bazu podataka, dokrajčena nužnost ispisivanja dokumentacije potrebne za skladištarev rad te, općenito, olakšan i ubrzan pristup središnjoj bazi podataka. navedena poboljšanja potencirana su *on-line* načinom rada, iako bi došla do izražaja, premda u manjoj mjeri, i u *off-line* načinu rada. Tako je dokazana Hipoteza 2 ovoga rada:

Mobilne tehnologije mogu smanjiti složenost poslovnog procesa i pojednostavniti poslovnu tehnologiju.

Za smjernice daljnjih istraživanja može se preporučiti slijedeće:

- Prikupljanje dovoljno velikog statističkog uzroka korištenja MobIS-a te izučavanje njihovog djelovanja na poslovni sustav s naglaskom na usporedbu tog djelovanja prije i poslije uvođenja mobilnih tehnologija. Rezultati takvog ispitivanja mogli bi dodatno potvrditi drugu hipotezu ovoga rada. Pri obradi tih rezultata svakako treba paziti da li se oni odnose na planski projektiran, izgrađen i uveden MobIS, bilo metodikom RMP, bilo nekom drugom metodikom, ili je pri izgradnji MobIS-a korišten heuristički pristup.
- Izučavanje kako metodika RMP djeluje za drugu hardversku i softversku opremu od one korištene u ovom radu. Kako se, na primjer, metodikom RMP obavlja izgradnja MobIS-a na drukčijim, ne-Microsoftovim platformama?
- Izučavanje kako metodika RMP djeluje na rijetku klasu MobIS-a temeljenih na hibridnom radu, što znači da mobilni uređaji rade u spojenom načinu ako ima veze sa središnjim IS-om, a u otspojenom ako je ta veza prekinuta. U kojim situacijama uopće upotrijebiti takav sustav?

Nadamo se da ovaj rad može poslužiti kao temelj i dobra referenca za buduća osmišljavanja metodika za projektiranje MobIS-a ili pak kao temelj za daljnji razvoj takve, ovdje predložene, metodike RMP.

10 Literatura

- 1 Alag H. (2006): Business Process Mobility, in Mobile Business – Technical, Methodological and Social Perspectives, ed. Bhuvan Unhelkar, IDEA Group Reference, London, 583-601.
- 2 Armour P. G. (2007): Evolution and Emerging Issues in Mobile Wireless Networks, Communications of the ACM, June 2007.
- 3 Arunatileka D. (2006): Applying Mobile Technologies to Banking Business Process, in Mobile Business – Technical, Methodological and Social Perspectives, ed. Bhuvan Unhelkar, IDEA Group Reference, London, 778-792.
- 4 Avison D., Shah H. (1997): The Information Systems Development Life Cycle, McGraw-Hill, London
- 5 Belotti R. et al. (2005) Experimental Platform for Mobile Information Systems, Proceedings of the 11th annual international conference on Mobile computing and networking MobiCom'05, September 2005, Cologne, Germany (Publisher: ACM).
- 6 Bhuvan U. (2006): Handbook of Research in Mobile Business: Technical, Methodological, and Social Perspectives, Vol.1 i Vol.2, Idea Group.
- 7 Birkhofer A., Deibert S. and Rothlauf, F. (2006): Critical success factors for mobile field service applications: A case research, in eOrganisation, Service-, Prozess-, Market-Engineering, 8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, Band 1, Karlsruhe, 291-308.
- 8 Bolchini C., Schreiber F.A. and Tanca L. (2007): A methodology for a Very Small Data Base design, Information Systems 32, 61-82.
- 9 Bose I. (2006): Fourth generation wireless systems: requirements and challenges, Communications of the Association for Information Systems, Volume 17, 693-713.
- 10 Brumec J. (1997): A Contribution to IS General Taxonomy. Zbornik radova, Vol 21 No 1(22), pp 1-14, Faculty of Organisation and Informatics, Varaždin 1997.
- 11 Brumec J. (2008): Projektiranje poslovnih procesa, sažetak predavanja za SPDS IROID, FOI Varaždin, 2008., dostupno na
- 12 Brumec S., Vrček N. (2004): Mobilne tehnologije za pristup središnjim bazama podataka, Zbornik radova CASE16, lipanj 07.-09. 2004, Opatija, Hrvatska, 197-203.
- 13 Brumec S.: Grupirajući genetički algoritmi
- 14 Brumec S.: Identifying Mobile Processes in a Complex Information System, IIS2007, Varaždin, 2007
- 15 Business Process Management Initiative (BPMI): Business Process Modeling Notation (BPMN), Version 1.0 (<http://www.omg.org>), May 3, 2004.
- 16 Carlis J. and Maguire J. (2001). Mastering Data Modeling – A User Driven Approach, Addison-Wesley, Boston.
- 17 Carter J. (1995). The Relational Database, Thomson Computer Press, London.

- 18 Chae M. and Kim J. (2003): What's so different about the mobile Internet?, *Communications of the ACM* 46, 12 (2003), 240-247.
- 19 Curry J.M. (2006): Introducing Mobile technology into an Australian City Council – Experiences and Lessons Learned, in *Mobile Business – Technical, Methodological and Social Perspectives*, ed. Bhuvan Unhelkar, IDEA Group Reference, London, 848-858.
- 20 Davis G. (2003): Systems Approach, in *Encyclopedia of Information Systems*, ed. Bidgoli H., Elsevier Science-Academic Press, London.
- 21 De Virgilio R., and Torlone, R. (2005): An Extensible Technique for Content Adaptation in Web-based Information Systems, in *Mobile Information Systems II*, ed. Krogstie, J., Kautz, K. and Allen, D, Springer, New York.
- 22 DeFee J. M. And Harmon P. (2005): Business Activity Monitoring and Simulation, in *Workflow Handbook 2005*, ed. Layna Fisher, Published in association with the WfMC, Future Strategies, Lighthouse Point, Florida, USA, 53-74.
- 23 Dekleva, S.: M-Business - Economy Driver or a Mess, *Communications of the Association for Information Systems*, vol. 13, 111-135, 2004
- 24 Falcone F. and Garito M. (2006): Mobile Strategy Roadmap, in *Mobile Business – Technical, Methodological and Social Perspectives*, ed. Bhuvan Unhelkar, IDEA Group Reference, London, 444-462.
- 25 Filev A. et al. (2002): *Professional UML with Visual Studio .NET*, Wrox Press, Birmingham.
- 26 Francis C. J., Elnegaard N., Eskedal, T. G. and Venturin, R. (2006): Business Opportunities of Open Broadband Access Networks, BWAN'06, International Workshop on Broadband Wireless Access for Ubiquitous Networking, September 20, 2006, Alghero, Italiya, 1-10.
- 27 Graham K., Keogh J., Mykland, R. (2005): *Palm OS Cobalt Programming from the Ground Up*, McGraw-Hill/Osborne, Emeryville, California, SAD.
- 28 Gruhn V. and Book M. (2006): *Mobile Business Processes*, Unpublished paper, Chair of Applied Telematics/e-Business, Department of Computer Science, University of Leipzig.
- 29 Gruhn V., Köhler, A. and Klawes, R. (2006): Mobile process landscaping by example of residential trade and industry, neobjavljeni članak, Chair of Applied Telematics/e-Business, Department of Computer Science, University of Leipzig, 2006.
- 30 GSM World: Brief History of GSM & the GSMA, <http://www.gsmworld.com/about/history.shtml> (accessed August 25, 2008)
- 31 GSM World: GSM Facts and Figures, <http://www.gsmworld.com/news/statistics/index.shtml> (accessed August 25, 2008)
- 32 Hall C. and Harmon P. (2007): *The 2007 Enterprise Architecture, Process Modeling and Simulation Tools Report - Verssion 2.1*, Bptrends www.bptrends.com.
- 33 Havey M. (2005): *Essential Business Process Modeling*, O'Reilly Media, Sebastopol.
- 34 Hoffer J., George J. and Valacich J. (2002): *Modern System Analysis & Design*, Prentice-Hall International.
- 35 Holtzblatt K. (2005): Designing for the mobile device: Experiences, challenges and Methods, *Communications of the*

ACM, 48, 7, 2005, 32-35.

- 36 IBM (1982): Business System Planning, In Advanced System Development/Feassibility Techniques, ed. by Couger J.D., Colter M.A., Knapp R.W., Wiley, New York, 236-314.
- 37 Johnstone B. and Vaghjiani (2006): Applying Mobility in the Workforce, in in Mobile Business – Technical, Methodological and Social Perspectives, ed. Bhuvan Unhelkar, IDEA Group Reference, London, 765-777.
- 38 Kangas E. and Kinnunen T. (2005): Applying user-centered Design to mobile application development, Communications of the ACM, 48, 7, 55-59.
- 39 Khosrow-Pour M. (2006): Encyclopedia of E-Commerce, E-Government, and Mobile Commerce, Vol.1 i Vol.2, Idea Group.
- 40 Köhler A. and Gruhn V. (2006): Analysis of Mobile Bussiness Processes for the Design of Mobile Information Systems, Unpublished paper, Chair of Applied Telematics/e-Business, Department of Computer Science, University of Leipzig.
- 41 Maamar Z. (2006): A Mobile application based on software agents and mobile web services, Business Process Management Journal 12, 3 (2006), 311-329.
- 42 Modrak V. (2005): Business Process Improvement through Optimization of its Structural Properties, in Workflow Handbook 2005, ed. Layna Fisher, Published in association with the WfMC, Future Strategies, Lighthouse Point, Florida, USA, 75-90.
- 43 MSDN: Architectural Overview of Adaptive Control Behaviour, [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/67276kc5\(VS.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/67276kc5(VS.80).aspx) (accessed September 12, 2008)
- 44 MSDN: ASP.NET Mobile Web Development Overview, [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms178619\(VS.80\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/ms178619(VS.80).aspx) (accessed September 12, 2008)
- 45 Norman A. and Allen D. (2005): Deployment and use of mobile information sytems-A case study of police work, in Mobile Information Systems II, ed. Krogstie, J., Kautz, K. and Allen, D, Springer, New York, 203-228.
- 46 Object Management Group (OMG): Business Process Modeling Notation Specification, OMG Final Adopted Specification (<http://www.omg.org>), February 2006, dtc/06-02-01.
- 47 Ould M. A. (2005): Business Process Management: A Rigorous Approach, Meghan-Kiffer Press, Tampa, Florida, SAD.
- 48 Patel K. J. (2006): Successful Implementation of Emerging Communication Technologies in Mobile-Intense Oranization-A Case Study of Sydney Report, in Mobile Business – Technical, Methodological and Social Perspectives, ed. Bhuvan Unhelkar, IDEA Group Reference, London, 728-739.
- 49 Peppard J (2001): The Essence of BPR
- 50 Pernici B. ed. (2006): Mobile Information Systems: Infrastructure and Design for Adaptivity and Flexibility, Springer.
- 51 Pousttchi K., Thurnher B. (2007): Adoption and Impact of Mobile-Integrated Business Process – Comparison of Existing Frameworks and Analysis of their Generalization Potential, zbornik radova eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering, 8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik, Buch 1, Karlsruhe.

- 52 Sairamesh J., Goh S., Stanoi I., Padmanabhan, S. and Li C. S. (2004): Disconnected Processes, Mechanisms and Architecture for Mobile E-Business, *Mobile Networks and Applications* 9, 2004, 651-662.
- 53 Sarvas M.K. (2004): Mobile solutions in business processes, Research report, University of Technology, Telecommunications Software and Multimedia Laboratory, Helsinki.
- 54 Schiller J. (2003): *Mobile Communications*, Addison-Wesley, Edinburgh.
- 55 Scornavacca E., Barnes S., Huff S. (2006): Mobile business research published in 2000-2004: Emergence, current status and future opportunities, *Communications of the Association for Information Systems* 17, 635-646.
- 56 Sharma P. and Nugent D. (2006): Mobile technologies and Tourism, in *Mobile Business – Technical, Methodological and Social Perspectives*, ed. Bhuvan Unhelkar, IDEA Group Reference, London, 810-827.
- 57 Sharp A., McDermott P. (2001): *Workflow Modeling: Tools for Process Improvement and Application Development*, Artech House, Norwood, Massachusetts, SAD.
- 58 Thames Valley Police: http://www.thamesvalley.police.uk/press_pda_pilot.htm
- 59 Tiffany R. (2003). *SQL Server CE Database Development with the .NET Compact Framework*.
- 60 Time-Division Multiple Access, International Engineering Consortium, <http://www.iec.org/online/tutorials/tdma/> (accessed August 25, 2008)
- 61 Torlone R. et al. (2006): Methods and Tools for the Development of Adaptive Applications, in *Mobile Information Systems*, ed. Pernici B, Springer, New York.
- 62 UMTS World: CDMA overview, <http://www.umtsworld.com/technology/cdmabasics.htm> (accessed August 25, 2008)
- 63 Urbaczewski A., Koivisto M. (2008): The Importance of Cognitive Fit in Mobile Information Systems, *Communications of the Association for Information Systems* (22), pp. 185-196.
- 64 Urbaczewski A., Valacich J. S., Jessup L. M. (2003): Mobile Commerce-Opportunities and Challenges, *Communications of the ACM* 46(12), pp. 30-32.
- 65 Valiente P. and van der Heijden H. (2002): A Method to Identify Opportunities for Mobile Business Processes, *SSE/EFI Working Paper Series in Business Administration*, 2002:10.
- 66 Van der Aalst W., Desel J., eds.(2000): *Business Process Management-Models, Techniques and Empirical Studies*, Springer Verlag, Berlin.
- 67 Van der Heijden, H. and Valiente, P. (2003): Mobile business processes: Cases from Sweden and Netherlands, *SSE/EFI Working Paper Series in Business Administration*, 2002:14.
- 68 Varshney U. (2003): *Mobile Wireless Information Systems: Applications, Networks, and Research Problems*, *Communications of the Association for Information Systems*, Volume 12, 2003, 155-166.
- 69 Wahli U. et al. (2007): *Business Process Management: Modeling through Monitoring Using WebSphere V6.0.2 Products*, IBM Corp, Poughkeepsie, NY, www.redbooks.ibm.com.
- 70 Walker J. (1990): *Mobile Information Systems*, Artech House Publishers.

- 71 Waluyo A. B., Srinivasan B. and Taniar D. (2005): Research in mobile database query optimization and processing, *Mobile Information Systems*, 1, 2005, 225–252.
- 72 Wang Y., van de Kar E. and Meijer G. (2005): Designing mobile solutions for mobile workers – Lessons learned from a case-study, *ACM ICEC'05*, August 15–17 2005, Xi'an, China, 582-589.
- 73 Wang Y., van de Kar E., Meijer G. (2005): Designing Mobile Solutions for Mobile Workers– Lessons Learned from a Case Study, *Proceedings of the 7th international conference on Electronic commerce*, August 2005, Xi'an, China (Publisher: ACM), pp. 582-589.
- 74 White, S. A.: *Introduction to BPMN*, IBM
- 75 Wikipedia contributors, "Nordic Mobile Telephone," Wikipedia, The Free Encyclopedia, http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nordic_Mobile_Telephone&oldid=233919404 (accessed August 25, 2008).
- 76 Worley S. (2001): *Mobile Development with ASP.NET*, poglavlje 16 knjige *Inside ASP.NET*, 473-500, Sams Publishing.
- 77 Zeimpekis, V., Giaglis, M.G., Lekakos, G.: *A Taxonomy of Indoor and Outdoor Positioning Techniques for Mobile Locations Services*, *Mobile/Wireless Research Group Publications Series 2002-2003*, Athens University of Economics and Business, 2003
- 78 Zhang D.: Web content adaptation for mobile handheld devices, *Communications of the ACM* 50, 2 (2007), 75-79.
- 79 Žugaj M., Dumičić K., Dušak, V. (1999): *Temelji znanstvenoistraživačkog rada*, FOI, Varaždin.
- 80 Mesarović M.D., Macko D., Takahara Y: *Teorija hijerarhijskih sistema sa više nivoa*, Informator, Zagreb, 1972.
- 81 Hammer M., Champy J.: *Reengineering the Corporation*, HarperCollins, New York, 1993.
- 82 Đurašević A.: *Predavanja iz matematičke statistike*, Radničko sveučilište "Moša Pijade", Zagreb, 1972.